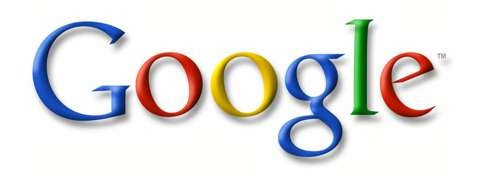

Google



B 469537
UNIV.
OF
MICH.

DER EINFLUSS DES TREIBEISES AUF DIE BODENGESTALT DER POLARGEBIETE.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT VON

GEORG HARTMANN.

VERÖFFENTLICHT VOM VEREIN FÜR ERDKUNDE IN LEIPZIG.

LEIPZIG, 1891.

EINLEITUNG.

„Allenthalben an der Oberfläche der Erde tritt uns ein ewiger Wechsel der Dinge, überall Zerstörung und Neubildung entgegen, nicht blofs in der lebenden, sondern auch in der toten Natur. Die Kräfte, welche diese stete Änderung bedingen und aus deren Wechselwirkung die gesamte Gestaltung der Erdoberfläche hervorgegangen ist, sind zurückzuführen auf die gegenseitigen Einwirkungen der verschiedenen Glieder des Erdganzen aufeinander“[1]. Diese Glieder treten uns auf der Erde in vier Hauptformen entgegen: der Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre und der organischen Welt. Eine der wesentlichsten Aufgaben der heutigen Geographie ist es, die Gesamtsumme der Erscheinungen, wie sie sich täglich unseren Augen darbieten, nach ihren Ursachen zu gliedern und die Wirkungsart jeder der genannten vier Erscheinungsformen zu erkennen. Eine jede derselben setzt zu ihrer Existenz gewisse Bedingungen voraus, die zuletzt physikalischer und chemischer Natur sind. Hat man diese Bedingungen einmal erkannt, dann kann man auch, wenigstens im allgemeinen, die Gesichtspunkte aufstellen, nach denen sich ihre Wirkungen gliedern lassen. In dieser Weise wollen wir das Treibeis in seiner Entstehung aus dem Meerwasser und seinen Übergang zum Wasser zurück betrachten und hieraus allgemein einen Schlufs auf seine Wirkungsweise ziehen.

Bei 0° C. besitzt das Wasser als normales Süfswasser die Eigenschaft, in festen Eiskrystallen sich auszuscheiden. Infolge einer mechanisch eingeschlossenen Beimengung friert das Meerwasser erst

---

[1] Hann-Hochstetter-Pokorny I, S. 325.

bei — 2,2° bis — 2,3° C. Angesichts dieses Überganges aus dem flüssigen in den festen Aggregatszustand drängt sich vom Standpunkt der Mechanik sofort der Schlufs auf, dafs mit einer Änderung des Aggregatzustandes auch eine solche der mechanischen Leistungsfähigkeit verbunden ist. Es müssen sich sonach mechanische Wirkungen erkennen lassen, die sich als specifische Treibeiswirkungen ergeben.

An dieser Stelle sei, ehe wir in den Betrachtungen über die Wirkungen des Treibeises fortfahren, vorher eine Definition des Wortes „Treibeis" gegeben. Verstehen wir darunter alles auf dem Meere sich bildende und alles daselbst treibende Eis, also auch das von Gletschern herrührende, ferner das auf den grofsen in das nordische Eismeer mündenden Flüssen sich bildende und ins Meer hinaustreibende Eis, so begegnen wir in den Polargegenden folgenden Hauptformen des „Treibeises": Dem „Grundeis" in manchen Flüssen und vor allem in seichten Meeresteilen, ferner einem im Winter fast alle Küsten der polaren Landgebiete umsäumenden „Eisfufs", der im Sommer an vielen Stellen verschwindet, ferner dem eigentlich „treibenden Eis", das sich dem Polarreisenden in allen Stufen der Gröfse von der Form kleiner unschuldiger Schollen an bis zu den formidabelsten Hummockmassen und den mächtigsten Eisbergen darbietet. Das treibende Eis wird also im Meere schwimmend angetroffen und hat deshalb zwischen seiner Basis und dem Meeresboden einen gewissen Spielraum nötig. Wo das Schwimmen nicht mehr möglich ist, stranden die treibenden Massen; und als „gestrandetes Eis" ruft das Treibeis Erscheinungen hervor, die sich von den Wirkungen des Eisfufses und Grundeises nicht wesentlich unterscheiden, andererseits auch den Wirkungen des treibenden Eises in mancher Beziehung ähnlich sind. Dafs das Wasser, als Transportmittel betrachtet, durch seine eisbildende Eigenschaft sich in Form des Treibeises ein sehr bequemes Instrument zum Transportieren schwerer Lasten verschafft, liegt klar auf der Hand.

Im allgemeinen können wir die mechanischen Wirkungen des Treibeises vom praktischen Standpunkte aus als Zerstörungserscheinungen und Neubildungen unterscheiden. In dem Abschnitt, welcher die Gruppe der letzteren behandeln soll, wird die Transportationsthätigkeit des Treibeises eine grofse Rolle spielen. Es wird sich aber noch eine Anzahl von Erscheinungen zusammenstellen lassen, ebenfalls mechanischen Charakters, die sich jedoch weder in die eine, noch in die andere der oben unterschiedenen Gruppen einordnen lassen. Wir wollen sie deshalb in einem dritten Teile besonders behandeln.

Bei dem Übergang von Wasser zu Eis oder umgekehrt zeigt sich nun nicht bloſs ein für die Mechanik bedeutungsvoller Wechsel, vielmehr sind auch groſse Veränderungen in thermischer Beziehung mit diesem Wechsel verbunden. Ein „Gebundenwerden“ oder „Freiwerden“ von Wärme bedingt hier das Auftreten einer Summe von Erscheinungen, die als „thermische Wirkungen des Treibeises“ aufgefaſst werden können. Wenn nämlich sich abkühlendes Wasser den Gefrierpunkt erreicht, nimmt seine Temperatur nicht weiter ab, sondern verharrt solange auf einer und derselben Höhe, bis es sich in Eis verwandelt hat. Derselbe Vorgang spielt sich vice versa ab, wenn sich erwärmendes Eis durch den Schmelzpunkt hindurch bewegt. Man kann hierbei „von einer Wirkung des Treibeises“ eigentlich nicht sprechen. Diese thermischen Erscheinungen sind eigentlich nur Begleiterscheinungen, und zwar „thermische Vorgänge bei der Bildung des Eises“. Wenn man aber den Begriff „Wirkung“ allgemeiner faſst, wenn man eine Folgeerscheinung, welche eine andere Erscheinung zur Bedingung hat, zu dieser Erscheinung in das Verhältnis wie Wirkung zur Ursache setzt, so kann man wohl mit Recht die thermischen Erscheinungen als Folgeerscheinungen der Eisbildung „thermische Wirkungen der Eisbildung“, oder schlechthin „thermische Wirkungen des Treibeises“ nennen.

Ob noch andere Wirkungen auſser den mechanischen und thermischen existieren, die sich als nachweisbar und meſsbar nachweisen lassen, hat die Erfahrung bisher noch nicht gelehrt. Vielleicht gründen sich auf den chemischen Umwandlungsprozeſs, der mit der Eisbildung Hand in Hand geht, Erscheinungen, die sich als specifisch chemische Treibeiswirkungen bezeichnen lassen. Über diese chemische Veränderung beim Gefrieren des Meerwassers sagt v. Richthofen: „Im Augenblicke des Frierens werden die Salze gröſstenteils ausgeschieden, ein Teil von ihnen (wesentlich Sulfate) bleibt im Eise bestehen, ein anderer Teil (wesentlich Chlorüre) wird ihm als konzentrierte Sohle beigemengt; der gröſste Teil geht in das Meer.“ Die Berechtigung, chemische Wirkungen des Treibeises anzunehmen, geht aus diesen Worten hervor. Inwieweit ferner das Treibeis an gewissen optischen und magnetischen Erscheinungen beteiligt ist, haben wissenschaftliche Beobachtungen noch nicht gelehrt. Man hat noch nicht einmal nachzuweisen vermocht, daſs überhaupt Änderungen in den magnetischen und elektrischen Verhältnissen der Polargegenden durch deren Eisbedeckung hervorgerufen werden. Wieviel weniger Berechtigung hat man daher, die Frage aufzustellen, „inwieweit“ das Treibeis oder besser die Eisbedeckung der Polargebiete die magnetischen und elek-

trischen Zustände der letzteren alterniert. Dafs es aber derartige Wirkungen giebt, und dafs es die Wissenschaft dazu bringen wird, solche Wirkungen nachzuweisen, ist wohl kaum zu bezweifeln. Nur bei James Clark Rofs findet sich einmal eine Stelle, wo Treibeis und Magnetismus in Beziehung gesetzt werden.

Es wird wohl noch eine geraume Zeit vergehen, ehe man eine umfassende Antwort auf die Frage geben kann: welche Erscheinungen ruft das Treibeis während seines Entstehens, während seines Daseins und bei seinem Vergehen hervor? Wie anders würde die Polarwelt aussehen, wenn das Wasser nicht die Eigenschaft besäfse, bei 0°, sondern erst bei einer noch lange nicht erreichten Kältetemperatur zu gefrieren. Weder Gletscher, noch Meereis, weder Schnee, noch Eisnebel würde es geben. Es würden auch eine Menge von Begleiterscheinungen nicht vorhanden sein, die die eisbildende Eigenschaft des Wassers zur Voraussetzung haben. Diese Erscheinungen in ihrer Gesamtheit zu erkennen, hatte ich mir ursprünglich als Ziel der vorliegenden Arbeit gesteckt. Es ist mir aber nur in Bezug auf die mechanischen Wirkungen und auch hier nur zum Teil gelungen.

I.

DIE DURCH DAS TREIBEIS HERVORGERUFENEN ZERSTÖRUNGSERSCHEINUNGEN.

1. DAS TREIBEIS ALS EISFUSS UND GRUNDEIS.

In der polaren Herbstzeit, wenn die mittlere tägliche Temperatur wieder auf den Gefrierpunkt herabgesunken ist, geht besonders an den Küsten, und zwar hier wieder an den geschützteren Stellen, die Eisbildung vor sich. Der mehr oder weniger durchwässerte Meeresboden entlang der Küste bedeckt sich mit einer Eiskruste, die nicht blofs über dem Boden liegt, sondern ein inniges Gemenge von Erdreich und Eis ist. In derselben Weise durchdringt eine solche Eisdecke den Küstenboden in dem Spielraum der höchsten und niedrigsten Tidenbewegung. Im Laufe des Winters nimmt die Grundeisdecke wie auch der Eisfufs an Mächtigkeit zu. Wenn sich nun das Eis unter die Temperatur seines Dichtigkeitsmaximums abkühlt, fängt es

an, sich wieder auszudehnen, und im Sommer, wenn sich die Sonnenwärme wieder geltend macht, findet eine allmähliche Kontraktion statt, die nach v. Fritsch bei — 4° bis — 3,5° C, nach Hann bei — 5° bis — 4° ihr Maximum erreicht. Schon diese Veränderungen in der molekularen Beschaffenheit werden an der Berührungsfläche mit dem Küstenboden Erosionserscheinungen, wenn auch in geringem Maſse, hervorrufen. Zahlreiche Sprünge und Klüfte durchziehen das Eis, dieselben füllen sich mit Wasser, und je weiter der Sommer vorschreitet, um so mehr wird sich der Eisfuſs und das Grundeis verringern. An den Stellen, wo es sich nicht mehr am Boden festzuhalten vermag, wird es durch die Brandungswelle oder Tidenbewegung losgerissen. Dort, wo die Adhäsion zwischen dem Eis und dem Land stärker ist, als die Kohäsion der einzelnen Bestandteile des Küstenbodens, reiſst das Eis erdige Bestandteile mit ab, und so erscheint es mit Trümmern seiner ehemaligen Unterlage versehen als treibendes Eis auf dem Meere, von dessen Strömungen es mit fortgeführt wird. Eine das eben Gesagte bestätigende Beobachtung machte John Franklin[1] an den Ufern des Mackenzieflusses auf seiner Reise an die Küsten des Polarmeeres. Er schreibt: „Der Weg war sehr mühselig, da das Eis groſse Stücke vom Ufer mit fortgerissen hatte und der Boden so weich war, daſs die am Seile ziehenden Leute bei jedem Schritt bis an die Kniee einsanken.“ Bei De la Bêche-Dieffenbach[2] lesen wir ferner: „Forchhammer erwähnt ein schönes Beispiel von der Fortführung eines Felsblocks durch Küsteneis in Dänemark, der 4—5 Tonnen schwer war und an dem Ufer während des Winters 1844 in Eis eingeschlossen und im folgenden Frühjahre mit dem Eis ins Meer geführt wurde und bei der Bewegung eine tiefe Furche in dem sandigen Thon des Ufers zurückliefs, die 6 Monate nachher noch nicht ganz obliteriert war (Bullet. géol. 1848).“ Über die erodierende Thätigkeit des Eisfuſses und Grundeises an der Nordküste des Nordostlandes (Spitzbergen) sagt Nordenskiöld[3]: „Der Eisfuſs, welcher der Sommerhitze solange widersteht und wie ein weiſser Gürtel noch die Küste umgiebt, wenn auf den Höhen längst der Schnee weggethaut ist, war jetzt endlich geschmolzen und hatte an den Stellen, wo der Strand aus Sand und Kies besteht, merkwürdige Spuren hinterlassen. Überall nämlich

[1] Zweite Reise des Kapt. John Franklin an die Küsten des Polarmeeres in den Jahren 1825, 26, 27. S. 104.

[2] De la Bêche. Vorschule der Geologie, bearbeitet von Dieffenbach, 1853, S. 223, 224.

[3] Nordenskiölds Nordpolarreisen. S. 70.

zeigten sich in dem Kies konische Vertiefungen von 4—6 Fuſs Durchmesser, die ohne Zweifel von dem abgelösten, durch Thauwetter und Flut weggetragenen Eise herrührten, das groſse Steine aus dem Boden gehoben und mitgeführt hatte.“ Hierher läſst sich vielleicht auch eine Erscheinung rechnen, die Dr. Boas[1] an den Küsten des Baffin-Landes beobachtete, die allerdings mehr auf der Thätigkeit der Ebbe und Flut beruht, bei der aber der Eisfuſs mit im Spiele ist. An den engen Eingängen weiter Becken, besonders an Fjordeingängen, wo eine heftige Ebbe und Flutströmung auf die Bildung eines Eisfuſses hemmend wirkt und eine feste Eisdecke über den Fjord überhaupt nicht entstehen läſst, entstehen Löcher im Eise, in denen das Wasser in eine wirbelnde Bewegung gerät, und in denen Steine umhergewirbelt werden. Dr. Boas sagt darüber: „In groſser Zahl sollen sie in den Fjorden der Hudsonstraſse vorkommen. In dem oberen Teile der Frobisherbai und im Cumberlandsund an der Westküste nehmen sie die engen Straſsen zwischen den Inseln ein und erscheinen in groſser Zahl in dem Inselgewirre an der Küste nördlich der Frobisherbai. An der Ostküste hört diese Erscheinung mit dem Zurücktreten der Inselbildung auf. Mit dem Augenblicke, in dem wir das Gebiet der hohen Fluten und starken Strömung verlassen, hören die Flutlöcher ganz auf. Diese Flutlöcher befördern das Aufbrechen des Eises im Sommer.“

Es möge an dieser Stelle noch eine ähnliche Bildung, welche Chydenius, ein Begleiter Nordenskiölds, auf der Footinsel in der Nähe der Treurenbergbai (Spitzbergen) beobachtet hat, Erwähnung finden, von der ich allerdings keinen ursächlichen Zusammenhang mit der Thätigkeit des Eisfuſses angeben kann, die aber infolge ihrer groſsen Übereinstimmung mit den von Boas beobachteten Erscheinungen Interesse verdient. Nordenskiöld[2] schreibt darüber: „Auf der Südseite der Footinsel fand Chydenius eine Grotte, welche die Wogen in dem Kalksteine gebildet hatten, indem das Wasser durch eine beinahe kreisrunde Öffnung von etwa 6 Fuſs Durchmesser hinein- und herausströmte. In ihrem Innern befand sich eine topfartige Aushöhlung, also eine sogenannte Jättegryta, ungefähr 6 Fuſs unter der Oberfläche des Wassers.“

Jenes innige Verwachsen des Eisfuſses und Grundeises mit der Unterlage wird oft nicht allein durch das „Hineinfrieren“ des Wassers geschehen, welches wieder eine Durchsickerung des Bodens voraussetzt, sondern es wird äuſserer Druck andrängenden Treibeises,

---

[1] Peterm. Geogr. Mitt. Erg. B. XVII. S. 8.

[2] Die schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Eyland. S. 239.

der oft eine ganze kolossale Stärke erreichen kann, ein wesentlicher Faktor in diesem Vermischungsprozefs sein. So fand Parry[1] westlich von Kap Providence (74° 22′ Br., 112° 48′ w. L.) „die ungeheuren Eismassen des Strandes geradezu in den Boden hineingerammt“. Oft aber vermögen sich diese festgerammten Eismassen nur solange in dem zähen Thon oder Schlamm des Bodens festzuhalten, und nur solange vermag die Elasticität der Unterlage und der Auftrieb des Wassers auf das specifisch leichtere Eis nicht wirksam zu werden, als der Druck von oben nachhält. Verschwinden aber die oberen zeitweilig gestrandeten Massen, dann steigt der geprefste Grundeisblock mit grofser Vehemenz empor, die Spuren einer nicht unbeträchtlichen Zerstörung des Bodens an sich tragend. Parry war einmal Zeuge eines solchen Schauspiels und wäre dabei beinahe mit seinem Fahrzeuge in Gefahr gekommen. Er schreibt[2]: „Eine grofse Eismasse fiel auf das Landeis (er befand sich damals an der Ostküste der Melville-H.-Insel 66° 50′ 40″ Br., 81° 51′ 12″ w. L.) und ein „Kalb“, welches darunter lag, stieg, nachdem es sein darüberliegendes Gewicht verloren hatte, mit bedeutender Gewalt empor, so dafs die „Fury“ beinahe gefährdet war.“

An Stellen, wo eine Tidenbewegung die Ausdehnung des Eisfufses in Form einer Eisdecke über die Meeresfläche hin gestattet, wie es in geschützten Baien oft der Fall ist, kann während des Sommertauens, wo sich das Wasser in zahlreichen Strömen und Bächen vom Lande her ins Meer ergiefst und die Eisdecke noch geschlossen liegt, eine Stauung des Wassers in der Bai stattfinden, was durch eine besonders hierzu günstige Küstenkonfiguration und Bodenbeschaffenheit noch mehr erhöht werden kann. Dann ist es möglich, dafs die komprimierte Wassermasse, wenn ihr Druck auf die Eisdecke gröfser wird, als deren Kohäsion, explosionsartig ihren Mantel durchbricht und dessen Teile hoch empor nach allen Richtungen wegschleudert. Mit der Zerstörung des Eisfufses und der Eisdecke wird meist auch eine Zerrüttung der zunächst liegenden Küstenteile stattfinden. Es können Steine und Felsstücke mit emporgeschleudert und an den Stellen, wo diese Wurfgeschosse niederfallen, können ebenfalls zerstörende Wirkungen hervorgerufen werden. Einen solchen Fall beobachtete Parry[3] in der Nähe seines Winterquartiers bei Igloolik in der Fury-Heklastrafse. Er schildert denselben folgendermafsen: „Zwischen zwei Punkten, die

---

[1] Parry, II, S. 108.
[2] Ebenda, IV, S. 29.
[3] Ebenda, IV, S. 254.

den Eingang der kleinen Bucht (Quilliam Greek) bildeten, sahen wir einen hohen Eiswall sich von einer Küste zur gegenüberliegenden ausdehnen und fanden bei unserer Annäherung, dafs durch eine aufsergewöhnliche Erschütterung die Scholle auseinandergeborsten und jene immensen Massen Eis nach jeder Richtung geworfen hatte. Mehrere Blöcke, 8 bis 9 Fufs dick und viele Ellen im Durchmesser, lagen auf dem ebenen soliden Felde, die alle aus einem verhältnismäfsig kleinen Loche herausgeworfen worden waren. Diese Sprengung war durch angestautes Wasser hervorgerufen, das in Strömen unter dem Eise in die Bucht flofs und sich dort jedenfalls angesammelt hatte. Um sich ein Urteil zu bilden über die Stärke dieser Kraft, möge hier nur gesagt sein, dafs mehrere Eismassen, über 8 Fuls hoch und 40 Fufs im Umfang, 500 Ellen weit weggeschleudert waren."

Es sei in diesem Abschnitte, der die Wirkungen des Treibeises als Eisfufs und Grundeis behandeln soll, noch auf die anscheinend geringfügige Zerstörungsarbeit aufmerksam gemacht, die an der Berührungsfläche des Eises mit dem Erdboden oder Felsenboden bei den Kontraktionen des ersteren stattfindet. Lieutenant Lockwood[1] von der Greely-Expedition fand Sprünge im Eisfufs von 2 m Breite, bei denen allerdings auch die Tidenbewegung mitgewirkt haben dürfte. Immerhin wird aber am Boden eine erodierende Thätigkeit des sich kontrahierenden Eises zu konstatieren sein, die von ganz ähnlicher Art ist, wie sie in einem späteren Abschnitt noch ausführlicher betrachtet werden wird.

2. DIE ERODIERENDE THÄTIGKEIT TREIBENDEN EISES UND DIE DADURCH HERVORGERUFENEN ZERSTÖRUNGS-ERSCHEINUNGEN.

Die Wirkung einer bewegten Eismasse wird einerseits von ihrer Massigkeit und ihrem Bewegungsmoment, andererseits von der Masse des sich entgegenstellenden Objektes und dessen Widerstandskraft abhängen. Es werden also grofse Eismassen, in schneller Bewegung befindlich, entsprechend grofse Wirkungen hervorrufen, zumal wenn das Material, gegen welches das Eis stöfst, von loser Beschaffenheit ist. Unter allen Umständen wird die Thätigkeit des bewegten Eises eine zerstörende sein, wenn man das Aufheben von Molekularwirkungen eine solche nennen will, denn überall wird das bewegte Eis Veränderungen hervorrufen, die zuletzt auf eine Zerstörung molekularer

[1] Greely-Expedition. Report. 1882, S. 187.

Anziehung hinauslaufen. Im grofsen und ganzen werden sich diese Wirkungen aber nicht immer als reine Zerstörungserscheinungen darbieten. Man möchte eher sagen, dafs die Wirkung des Eises in manchen Fällen keine zerstörende, vernichtende, sondern eine „aufbauende", „neubildende" gewesen ist. Betrachten wir zunächst die eigentlichen Zerstörungserscheinungen.

So unschuldig die ruhig auf der See hinschwimmenden Treibeisschollen erscheinen, und so gering ihre zerstörende Wirkung scheinen möchte, ein so gewaltiges und furchtbares Werkzeug vermag es für die Sturz- und Brandungswelle oder für die durch Sturm aufgewühlten Wogen des Meeres zu werden. Die treffende Schilderung Hahns von den Zerstörungswellen und Sturzseen, wie sie die Trümmer selbst als Werkzeuge bei ihrem Vernichtungswerke verwenden, läfst sich beinahe ganz auf die Treibeismassen als Werkzeuge des Meeres anwenden. Hahn[1] sagt in seinen „Inselstudien": „Die Wellen wirken nicht nur dadurch zerrüttend auf das Küstengestein, dafs sie die einzelnen Schichten durchfeuchten und bereits von den atmosphärischen Kräften lose gemachte und mit Spalten durchzogene Massen zum Stürzen bringen, sondern sie schlagen Breschen in die Klippenwände mit den eigenen Trümmern derselben, die sie als Wurfgeschosse benutzen. Die Wellen wälzen Gesteinsbruchstücke der verschiedensten Gröfse gegen die Ufer: bald sind es Sandkörncr und Geröllbrocken, von denen jedes einzelne nur eine geringe Wirkung ausübt, die aber in ihrer Gesamtheit doch den Fels angreifen, ritzen und aushöhlen; bald sind es Felsblöcke von solcher Gröfse, dafs man sie für erratische halten möchte, wüfste man nicht genau, dafs sie durch Erosion erst vor kurzem von den Klippen losgetrennt wurden. Ist der Sturm heftig und sind zahlreiche gröfsere Blöcke vorhanden, so kann man mit Geikie wohl von einer Artillerie des Meeres reden, durch welche auch die härtesten Felsen einer Küstenlinie zuletzt völlig weggefegt werden. Die Vermutung F. v. Richthofens, dafs die von der Brandung bewegten Felsfragmente Gletscherschliffen ähnliche Schrammen auf der Unterlage und aneinander hervorbringen können, wird durch die mehrfache Erwähnung glattpolierter Streifen der Klippen, welche sich bei Geikie findet, noch wahrscheinlicher gemacht." Ein anschauliches Bild der wilden Kraft der von einem hohen Seegang umhergeworfenen Eismassen entrollt einmal John Rofs[2]: „Wer keinen nördlichen Ocean im Winter gesehen hat, wer, mufs ich vielmehr sagen, ihn

[1] Hahn, Inselstudien, S. 131.

[2] John Rofs, Zweite Entdeckungsreise 1829—33, I, S. 174.

nicht in einem Wintersturme gesehen hat, bei dem macht das Wort Eis nur die Erinnerung an das rege, was er auf dem Landsee oder Kanale sah, kann ihm aber keine Vorstellung von dem geben, was ein Schiffer in den Nordpolargegenden zu sehen und zu fühlen bestimmt ist. Jedoch er mag sich vorstellen, daſs Eis ein Stein sei, ein schwimmender Felsen im Strom, ein Vorgebirge, eine Insel, wenn es festsitzt, und nicht minder solid, als wäre es ein Land von Granit. Dann mag er sich womöglich denken, daſs diese krystallenen Berge von einer schnellen Flut durch eine enge Straſse gejagt und wie Berge in Bewegung gesetzt werden, mit Donnergebrüll zusammentreffen, wie einer von den Klippen des anderen groſse Stücke abstöſst, oder sie sich gegenseitig zertrümmern, bis sie endlich ihr gegenseitiges Gleichgewicht verlieren und sich kopfüber stürzen, daſs das Meer in Wogen darüber emporgehoben wird und sich zu Wirbeln bildet." Ähnlich schildert der Missionar Miertsching [1], der den Kapitän Mac Clure auf seiner Nordpolarfahrt zur Auffindung Franklins als Dolmetscher begleitete, in seinem Tagebuche ein solch „furchtbar schönes" Schauspiel des nordischen Meeres in der Prince of Wales-Straſse: „Interessant, aber zugleich Entsetzen erregend ist es anzusehen, wie die groſsen schweren Eisblöcke von den durch die Strömung zusammengeschobenen Eismassen umhergeworfen werden. Stücke von mehr als 1000 Centner Gewicht werden hoch aufeinander geschoben und stürzen sodann mit donnerähnlichem Gekrach zusammen. Furchtbar ist es, wie diese Schollen an das Schiff anstoſsen, so daſs es durch und durch erzittert. Eine an der Schiffsseite angenagelte Kupfertafel von 36 Zoll Länge wurde von dem Eise in unzähligen Falten zusammengerollt. Eisstücke von 32 Kubikfuſs rollten wie Würfel hin und her. Ein jeder stand da und sah staunend zu." Ferdinand v. Wrangel [2] war ebenfalls Zeuge einer solchen Scene, als er sich an der Nordküste Sibiriens auf dem schweren Eise befand. „Das Meer," schreibt er, „sprengte unvermutet im Frühling seine Fesseln. Groſse Eisfelder erhoben sich, wurden aneinander geschleudert und dann wieder emporgehoben. Wie mit leichten Brettern spielte das zürnende Element, und dazu das Brausen der dazwischen rollenden Wogen, das donnerähnliche Krachen des Eises! Ein schrecklicher Orkan trieb haushohe Eisfelder wie Federbälle gegen einander." Es möge noch eine kurze Schilderung von der furchtbaren Macht bewegter Eismassen folgen, welche Koldewey

---

[1] Reisetagebuch des Missionars Miertsching 1850—54, S. 89.

[2] Wrangel, Fahrten und Abenteuer auf der Reise von Petersburg nach der Nordostküste Sibiriens etc., S. 229.

in seinem Bericht von der ersten deutschen Nordpolarfahrt gegeben hat. Das Kap Torrell hatte er vor dem Ausbruch eines schweren Ungewitters vollkommen eisfrei gefunden; „jetzt hatten sich," schreibt er, „die groſsen Blöcke mehr als 20 Fuſs hoch wild übereinander geworfen und teilweise tief in den Sand eingebohrt. Der Andrang der Massen muſste furchtbar gewesen sein, und obgleich wir die Gewalt des Eises, wenn es in Bewegung ist, schon vielfach während der Reise kennen gelernt haben, so standen wir doch hier staunend vor diesen neuen Beweisen einer ungeheuren Naturkraft." Kapitän Phips[1] berichtet, daſs auf seiner Nordpolarreise Treibeis ihm den groſsen Anker und bald darauf auch den Ankerstock des Pflichtankers zerbrochen habe, kleine Beweise von der Kraft bewegter Eismassen. Karl Weyprecht[2] entrollt uns ebenfalls ein Bild von der Macht treibender Eismassen. Die österreich-ungarische Nordpolexpedition befand sich auf einer Eisscholle in unmittelbarer Nähe des Franz-Josefslandes in geschützter Lage. „Südliche Winde brachten uns," schreibt Weyprecht, „hier und da Nachricht von den Vorgängen auf den Riffen und bei den gestrandeten Eisbergen, gegen welche die treibende Masse des Packes anstürmte; aus weiter Ferne trugen sie uns das Donnern und Krachen der dort zur Vernichtung gebrachten Eismassen zu und erhöhten in uns das wohlthuende Gefühl der Sicherheit und der glücklich bestandenen Gefahr."

Betrachten wir nun die umgestaltenden Wirkungen des Treibeises nach ihren Äuſserungsformen.

a. Zerstörungserscheinungen, hervorgerufen durch geworfene oder geschleuderte Eismassen.

Es wird sich in diesem Falle kaum ein charakteristisches Kennzeichen angeben lassen, welches diese Erscheinungen zu einer gemeinsamen Gruppe verbände. Daſs die Wirkungen geschleuderter Eismassen von ganz gewaltiger Gröſse sein können, beweisen die Schilderungen der Polarfahrer. Greely[3] findet es einmal rätselhaft, „wie Schollenberge (floebergs) von 9 m Höhe über dem Meerespiegel und 30 m Länge und Breite über den Eisfuſs geworfen werden können". Dr. Pavy, ein Mitglied der Grinnell-Expedition, fand auf einer Wanderung an

[1] Phips, Reise nach dem Nordpol 1773. Bern 1777, S. 59. 60.
[2] Karl Weyprecht, Metamorphosen des Polareises, S. 115.
[3] Greely, Report on the Proceedings etc. 1882, S. 168.

der Küste des Grinnell-Landes „den Eisfuſs schmal, aufgebrochen, an vielen Stellen durch die schweren Trümmerstücke von Schollenbergen zerstört, die augenscheinlich durch die letzten Stürme auf die Küste geworfen worden waren.“ Osborn[1] berichtet von der Westküste des Banks-Landes, daſs hier die M'Clure'sche Expedition Gelegenheit hatte, zu sehen, wie Massen von 30 bis 40 Fuſs Dicke hoch auf die Küste emporgeworfen wurden und sich übereinander türmten. Ein gewaltiger Packeisstrom trieb hier entlang der Küste.

Im Sommer, wenn sich das Eis infolge der Erwärmung rasch ausdehnt, kommt es infolge des verschiedenen elastischen Verhaltens seiner Teilchen oft vor, daſs groſse Hummockberge zerspringen und ihre Teile weit auseinanderschleudern. Lockwood[2] beobachtete einmal, wie ein 4,5 m hoher Schollenberg in zwei Stücke zersprang, eine groſse Bewegung im Wasser verursachte, so daſs sich eine kleine Tidenbewegung erhob. Günther[3] beschreibt die Zerstörung von Eisbergen ganz allgemein folgendermaſsen: „Die Vernichtung geht vom Innern aus; das Gletschereis ist nämlich voll von Spalten und kleinen Höhlungen, in denen das Schmelzwasser sich sammelt, und da dasselbe beim Gefrieren sich ausdehnt, so erfolgt bald da, bald dort eine kleine Sprengwirkung, bis schlieſslich der ganze Eisberg oft mit furchtbarem Krachen selbst wieder kalbt und in das Meer versinkt.“

b. Schleifende und polierende Thätigkeit des Treibeises. Schrammenbildung.

An allen vorspringenden Punkten einer Felsenküste, deren Steilheit keinen Eisfuſs entstehen läſst, zumal wenn heftige Dünung, hoher Tidengang und schwere Brandung hinzukommen, wird das an der Küste hintreibende Eis Spuren eines gewaltsamen Vorübertreibens hinterlassen. Führt eine mäſsige Strömung das Eis an solchen Punkten vorüber, so wird dasselbe anstoſsen, zum Teil selbst abbröckeln, aber auch Teilchen des Felsens losbrechen. Kapitän Markham[4] schildert einmal, als er eben das steile Kap „Frederick VII“ (Grant-Ld.) passiert hatte, wie zwei Minuten nachher eine Eisscholle mit der hohen steilen Seite des Kaps in Berührung kam, sich an demselben zerschellte, und wie sich Hummock auf Hummock durch die unwider-

---

[1] Osborn, Mc Clures Discovery of the North West Passage. 3. edit., S. 214.
[2] Greely, S. 370.
[3] Günther, Lehrbuch der Geophysik, II, S. 434.
[4] Captain Markham, The great frozen Sea, S. 132.

stehliche Kraft des äufseren Druckes türmte. Im Laufe der Zeit durch ein kontinuierliches Vorübertreiben von Eis werden endlich in der Höhe des Meeresniveaus bei niedrigen Schollen am Felsen Schrammen und Ritzen entstehen, die sich sogar rinnenartig erweitern können. So erzählt Nares[1] von solchen Bildungen an den Küstenfelsen vom Kap Union: „Hier wurde die Küste steiler und nichts war vorhanden, um das Polarpackeis von der senkrechten Fläche des Aufsenwalles abzuhalten, welche poliert und horizontal gefurcht war durch das reibende und schleifende Eis während vorhergegangener Zeiträume.“

Diese schleifende und polierende Thätigkeit wird sich im Winter, wo eine ungleich gröfsere Eismasse den Ocean bedeckt, erhöhen. Besonders in engen Strafsen, wie dem Robeson- und Kennedy-Kanal, dem Smith-Sund, der Prince of Wales- und Fury-Hekla-Strafse, ferner an den vom Eise schwer bedrängten Küsten des Banks-Landes, überhaupt der Inseln des Parry-Archipels, an der ganzen Ostküste Grönlands u. s. w. werden die felsigen Teile, von allen Seiten vom Eise bedrängt und geprefst, Zeichen dieser gewaltsamen Umarmung tragen. Alle hervorragenden Spitzen werden geradezu abgescheuert und abgeschliffen. Jene Küstenfelsen erhalten dadurch eine glattpolierte Oberfläche in der Höhe des Meeresniveaus. Dort, wo riesige Pressungen das Eis an der Küste emportürmen, wird sich diese schleifende Thätigkeit an höheren Küstenpunkten erkennen lassen. Leider haben frühere Polarreisende auf die Thätigkeit des Treibeises kein Gewicht gelegt und niemals Beobachtungen oder nähere Untersuchungen solcher mit Eis im Kontakt gewesenen Küsten angestellt. Liest man bei John Franklin[2] einmal von einer „Bucht, deren Ufer aus Kalksteinschichten bestehen, welche sich schräg ins Wasser senken und an denen durch den Druck dahinter befindlicher Massen Eisschollen hinaufgeschoben waren“, so kann man sich nicht des Schlusses erwehren, dafs dieser Kalksteinboden Zeichen des Schleifens der über ihn hingleitenden Eismassen tragen müfste. Zu der Pressung kommt noch die Tidenbewegung, die das Eis in senkrechter Richtung arbeiten läfst. Sie führt es an den Felsenwänden der Küste auf und nieder, während die bei zunehmender Kälte wachsende Ausdehnung das Eis in horizontaler Richtung gegen die Küstenwände prefst. Dieses Abschleifen und Polieren wird sich besonders auch an jenen Küsten geltend machen, wo treibendes Eis nicht genug Spielraum zwischen

---

[1] Nares, Narrative of a voyage to the Polar Sea, II, S. 115.

[2] Zweite Reise des Kapitän John Franklin an den Küsten des Polarmeeres, S. 271. Nordamerikanische Küste: 68° 53′ n. Br., 116° 50′ w. L.

seiner unteren Fläche und dem Meeresboden hat. Sein ihm vom Winde oder der Strömung erteiltes Bewegungsmoment führt es über die Untiefen hinweg, wenn deren Höhe und Widerstandskraft das Eis nicht zum Stranden bringen. Handelt es sich bei den oben erwähnten Küstenvorsprüngen um horizontal sich erstreckende Hindernisse, welche sich der Eisbewegung entgegenstellen, so sind die Untiefen solcher vertikaler Art und eine geneigte Küstenebene wird das Mittel zwischen diesen Lagen darstellen. In jedem Falle wird sich nun die schleifende und abnagende Wirkung des treibendes Eises an diesen Hindernissen erkennen lassen, und sie wird auch in jedem Falle dieselbe sein: zunächst Schrammen- und Furchenbildung, im Laufe langer Zeiträume Abrundung.

Dafs bei einer derartigen Wirkung treibenden Eises an den Küsten der polaren Landgebiete an allen bedrohten Stellen an keine Vegetationsbildung zu denken ist, liegt klar auf der Hand, und an anderen Orten, wo im allgemeinen das Treibeis seine zerstörende Thätigkeit nicht ausüben kann, finden wir dagegen die üppigste Vegetation im Meere und eine nach polaren Verhältnissen reiche Vegetation am Strande. Es sei damit aber nicht gesagt, dafs das Treibeis allein diese Gegensätze hervorruft. Mögen aber auch andere, vielleicht mächtigere Ursachen dieselben bedingen, so ist doch unstreitig dem Treibeis ein gewisser Anteil an dieser Naturerscheinung zuzusprechen. Mit seiner in geologischer Hinsicht wichtigen Erosionsthätigkeit verbindet es also zugleich eine solche, die auch in botanischer Beziehung Beachtung verdient. An vielen Orten, wo nur bei aufsergewöhnlichen Fällen das Treibeis diese Thätigkeit entfalten kann, wo sich also, wenn man sagen will, durchschnittlich eine Vegetation bilden kann, zeigen sich in diesen aufsergewöhnlichen Fällen die verheerenden Wirkungen des Treibeises um so deutlicher.

Zur Illustration des Gesagten mögen hier die Beobachtungen einiger Polarreisenden an manchen Küstengegenden der Polargebiete Erwähnung finden. Von den Küsten der Littleton-Insel und Kap Hatherton sagt Kane, „dafs kaum eine Spur von Pflanzenleben an den nackten, vom Eis gescheuerten Felsen zu erkennen war". Ein Beispiel der schleifenden und die Vegetation vernichtenden Wirkung treibender Eisberge finden wir bei Bessels[1]. Von der Küste zwischen Tessuissak und Upernivik berichtet er: „An mehreren Klippen, die senkrecht nach dem Meere abfallen, durchsetzten die dunkle Flechtenkruste, die den Fels bedeckte, in einer Höhe von 20—30 Fufs über

[1] Bessels, Die amerikanische Nordpolexpedition, I, S. 93.

dem Meeresspiegel nahezu horizontal verlaufende Bänder, die jeglicher Vegetation entbehrten. Ihre Breite wechselte zwischen einem halben Zoll und einem Fufs, und wenn wir uns nicht sehr täuschen, hatten vorbeistreifende Eisberge die Flechtendecke entfernt. Die blofsgelegten Stellen schienen kaum älter zu sein, als wenige Jahre; vielleicht rührten sie selbst von dem letzten Eisgange her, denn nur einzelne Pflanzen hatten begonnen, ihre Neubildungen über die Ränder der kahlen Stellen zu decken. Sind treibende Eisberge mit Geröll beladen, oder befinden sich Gesteinsmassen eingebettet, die über die Fläche des Eises hervorragen, die mit dem Fels in Berührung kommt, so können auf ähnliche Weise leicht gletscherschliffartige Rillen von geringer Tiefe entstehen.“ Das Südufer der Clavering-Insel beschreibt Koldewey [1] folgendermafsen: „Bis ins Meer hinein lagen hier mächtige Felsblöcke neben- und übereinander und boten durch ihre von Wasser und Eis glatt gescheuerte Oberfläche, an welcher keine Schnecke kroch und von der keine Alge herabhing, das charakteristische tote Bild des arktischen Strandes dar.“ Bei Keilhau [2] lesen wir über die Meeresvegetation an den Küsten von Stans Foreland (Spitzbergen) ähnliches: „Überall, wo er Gelegenheit fand, in der See zu suchen, war die Vegetation entweder ganz vernichtet, oder wenigstens zum Teil vom Treibeis behindert, welches sich immerfort an den Küsten reibt; er fand deshalb im ganzen nur 3 Arten von Seegras an Stans Foreland, am Südkap Spitzbergens erhielt er gar keine, was gleichfalls auf der Bäreninsel der Fall gewesen war.“ Dasselbe Bild bot sich Heuglin [3] im Hafen von Whales-Point dar, und ähnliches lesen wir in der Beschreibung der schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Eiland von der Küste von Green-Harbour. John Franklin [4], welcher auf seiner zweiten Reise die Flaxmans-Insel (70° 11′ n. Br., 145° 50′ w. L.) an der Küste des nordamerikanischen Festlandes besuchte, fand, „dafs in einer ihrer Schluchten ein Stück vom Ufer von einem Eisblock fortgerissen war“. De la Bêche-Dieffenbach [5] erzählt uns von „Friktionsstreifen, welche durch Indiehöhepressen von Eis auf die Küste und zwar entweder auf nacktem Fels, oder auf Küsteneis entstehen. Das Eis drängt dann Geschiebe und Gerölle vor sich her und streift und zeichnet den Boden“. In demselben Werke lesen wir über die Thätigkeit von

[1] Die zweite deutsche Nordpolarfahrt, I, S. 609.
[2] Geograph. M. L. B. IV, S. 58.
[3] Heuglin, I, 229.
[4] Zweite Reise des Kapitän John Franklin an die Küste des Polarmeeres, S. 171.
[5] De la Bêche-Dieffenbach, Vorschule der Geologie, 1853, S. 222.

Küsteneis in Meeren mit Ebbe und Flut: „Bewegung des Eises in Ästuarien und jenen langen Meeresarmen und des Küsteneises, welches von der Flut rückwärts und vorwärts getragen wird und Gerölle und Gesteinstrümmer so umfaſst, daſs sie gegen die nackten Felsen reiben, muſs ein wirksames Werkzeug für das Streifen und Furchen solcher nackten Gesteine sein, und diese Zeichen sind auch bei Klippen nicht leicht entfernbar." Parry[1] erzählt einmal, wie die abschleifende Thätigkeit des Eises die Bildung von Untiefen verhindert. „So vollkommen frei ist hier die ganze Küste (Melville-Insel, Südküste), daſs es mir oft als nicht unwahrscheinlich vorgekommen ist, daſs die jährliche Bewegung groſser und schwerer Eismassen bis zu einem gewissen Grade die Anhäufung sandiger Untiefen verhindert, wo lokale Umstände sie in anderer Weise hervorrufen könnten." Im übrigen fand er den Strand so flach, daſs in einer Entfernung von 200 Yards von der Küste nur 7—10 Faden Tiefe vorhanden waren. Die Thätigkeit des Treibeises erstreckte sich eben nur so tief, als es der Tiefgang desselben erlaubte. Nordenskiöld[2] vergleicht diese Eisthätigkeit mit der einer Baggermaschine. Dieselbe Erscheinung einer gleichmäſsigen Meerestiefe ohne Untiefen beobachtete er in der Umgebung der Beli-Ostrow-Insel. „Auſserhalb derselben", sagt er, „ist das Meer gleichmäſsig tief, aber so seicht, daſs man in einer Entfernung von 20—30 km vom Strande nur eine Wassertiefe von 7—9 m hat. Nach den Mitteilungen des Kapitän Schwanenberg soll man jedoch unmittelbar am nördlichen Strande noch eine Tiefe von 3—4 m haben. Ein ähnliches Verhältnis, d. h. eine gleichmäſsige Tiefe, welche bereits nahe am Strande 4—10 m beträgt, sich aber nur langsam vermehrt und über weite Flächen unverändert hält, ist in den arktischen Gegenden ganz gewöhnlich und beruht auf dem Eisbaggerwerk, welches dort beinahe das ganze Jahr hindurch im Gange ist. Wrangel berichtet von einer auf diesem Eisbaggerwerk beruhenden Erscheinung, nämlich von der Abrasion einer Insel durch Treibeis. Wir finden diese Thatsache von Parrot in dem von ihm herausgegebenen Werke „Wrangel, Physikalische Beobachtungen im Eismeere 1821—23" verzeichnet und lesen darin folgendes: „Die Insel Diomida, die auf der Scheleurischen Karte östlich vom Heiligen Kap angezeigt ist, und ehemals vom festen Lande durch eine Meerenge getrennt war, durch welche dieser Seefahrer schiffte, ist nicht mehr vorhanden, und man setzt voraus, daſs die Meerenge festes

[1] Parry, II, S. 99.
[2] Nordenskiöld, Die Fahrt der Vega, S. 162.

Land geworden sei. Es ist aber diese Voraussetzung unrichtig, sondern es hat das Treibeis diese kleine Insel zerstört, allmählich rasiert, und ihre Trümmer mögen die Durchfahrt ausgefüllt und am festen Lande sich angesetzt haben."

Beispiele für Abrundung und Glätten des Küstengesteins liefern die Jackson-Insel[1] (nach Parry 73° 36' n. Br., 89° w. L.), deren Küste mit gerundeten Kalksteinen bedeckt ist, an einzelnen Stellen die Küsten des Baffin-Landes[2] im Cumberland-Sund, deren Granithügel nach Dr. Boas eine sanft gerundete Gestalt zeigen, ferner die Norman-Lockyer Insel[3], deren Gipfel an der ganzen Oberfläche des exponierten Felsens von Eisschrammen durchfurcht ist, und zwar in einer nordsüdlichen Richtung, nämlich in der Richtung der Eisbewegung; ein anderes hierher gehöriges Beisiel bietet Kap Rawson[4]. Von demselben berichtet Nares folgendes: „Während ich mit Mr. Pullen nahe bei Kap Rawson spazieren ging, bemerkten wir, daſs die Seeseite des Kaps bis zu einer Höhe von 200 Fuſs über dem gegenwärtigen Meeresspiegel durch den Druck der Eismassen glatt gerieben worden war. Daſs der Felsen während einer so langen Periode, wie sie verflossen sein muſste, während sich das Land bis zu der erwähnten Höhe erhob, so scharf gekerbt und geschrammt blieb, ist besonders bemerkenswert." Sie läſst ungefähr einen Schluſs zu auf die Kraft treibender Eismassen, wenn sie über Felsen hinwegschleifen oder auf ihnen stranden. Nares maſs einen bei Kap Rawson gestrandeten Schollenberg und fand ihn 120 Fuſs lang, 105 Fuſs breit und 80 Fuſs hoch, wovon der über das Meeresniveau reichende höchste Teil 63 Fuſs betrug. Sein Gewicht schätzte Nares auf 25000 Tonnen, und dabei war dieser noch keineswegs der gröſste. — Jene auf der Erosionsthätigkeit des Eises beruhenden Erscheinungen lassen, da sie sich nur in der unmittelbaren Nähe des Meeresspiegels haben abspielen können, überall da, wo sie über dem Meeresspiegel angetroffen werden, auf eine säkulare Bodenerhebung schlieſsen, und sie haben in dieser Beziehung der Theorie über Küstenerhebungen und Senkungen bereits wesentliche Dienste geleistet. — In den Reiseberichten Koldeweys[5] von der zweiten deutschen Nordpolarfahrt finden wir folgende Beispiele erodierender Treibeisthätigkeit: „Die Felsen der

---

[1] Parry, I, S. 78.
[2] Pet. Geogr. Mitt. Erg. B. XVII, S. 50.
[3] Nares, I, S. 85.
[4] Ebenda I, S. 276.
[5] Die zweite deutsche Nordpolarfahrt, I, S. 122, 124.

Kutek-Insel müssen oft mit dem aus Norden herantreibenden Eise in harter Berührung gewesen sein; manche Stellen liefsen deutlich erkennen, dafs sie vom Eise abgeschliffen und platt gekämmt waren. Auf vielen Klippen, die zum Teil von der Flut bedeckt werden, lagen die blau schillernden Trümmer von darüber geschobenen und darauf zerschellten Eisschollen"; ferner: „Die Klippen unmittelbar unter Kap Kaningesekasik sind vollkommen rund gewaschen; sie liegen wie riesige Eisbrecher da, glatt und abgeschliffen nach allen Seiten. Dünung und Eis haben hier ihre Wirkung gethan. Diese kuppel- und domförmigen Klippen trafen wir nun fortwährend auf unserer Küstenfahrt, sie liegen zu Tausenden um das Festland zerstreut, ein steinerner Zaun zur Abwehr des Eises." Als drittes Beispiel ist in dem eben citierten Werke Kap Hamburg[1] angegeben, „dessen unterer Felssaum vom Eise abgeschliffen ist". Die Küstenfelsen der St. Johnsbai (Spitzbergen)[2] sind ebenfalls hierher zu rechnen. Sie bestehen aus „einem grobkörnigen Konglomerat von rundgeschliffenen Quarzitstücken". Auch an der Küste Novaja Semljas sind Beobachtungen einer schleifenden Thätigkeit gemacht worden, die allerdings nicht direkt als eine solche des Treibeises erkannt worden ist. Die „platte und niedrige" Ostküste dieser Insel beschreibt Pachtussow[3] wie folgt: „Von Kap Menschikow bis zum Flufs Kasakow dacht sich das Ufer in leiser Neigung zum Meeresspiegel ab. Es wird von zerkleinertem Schiefer gebildet; die einzelnen Schieferstücke sind am Strande durch die anschlagenden Wogen eiförmig abgeschliffen worden." Sowohl die Art des Schliffes, als auch das Vorkommen an einer von schwerem Eise hart bedrängten Küste läfst es als unzweifelhaft erscheinen, dafs hier das Treibeis, wenn auch nicht allein thätig, so doch mit im Spiele gewesen ist. Übrigens ist es ja nie allein die arbeitende Kraft des Eises, sondern in den meisten Fällen wirkt Eis und Wasser gemeinschaftlich. Während das erstere vermöge seiner Festigkeit und Härte, die im Winter mit der des widerstandsfähigsten Felsens wetteifern kann, die schwierigeren Partieen der Zerstörungsarbeit übernimmt, räumt das Wasser einmal den entstandenen Schutt und Schlamm beiseite, durchfeuchtet ferner das Zerstörungsobjekt und bereitet so der Thätigkeit des Eises gewissermafsen den Boden vor, beteiligt sich endlich selbst an dem Vernichtungswerke, indem es besonders die weicheren Teile des Küstensaumes herausnagt. An dieser Stelle sei einer Notiz,

---

[1] Die zweite deutsche Nordplarfahrt, I, 122, 124.
[2] Die schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Eiland.
[3] Pet. Geogr. Mitt. E. B. V, S. 58.

die ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. Zirkel verdanke, Raum gegeben, nach welcher Sartorius von Waltershausen[1] die isländischen Felsenschrammen nicht durch Gletscher, sondern durch Treibeis erklärt.

Diese Eisthätigkeit erinnert in vielfacher Beziehung an die Wirksamkeit der Gletscher. In der That unterscheiden sich die durch ihre Arbeit hervorgerufenen Erscheinungen nicht wesentlich von einander. Daher kommt es vielleicht auch, dafs man vielfach Erosionserscheinungen auf das Konto der Gletscherthätigkeit setzt, die vielleicht eher dem Treibeis ihre Entstehung verdanken, zumal wenn säkulare Hebungen das Feld der Thätigkeit der direkten Einwirkung des Meeres entzogen haben, und dafs die Diskussion: Ob Drift-, ob Gletscherwirkung? so lange nicht zum Ende kommen konnte. Besonders sind die durch gestrandete Eismassen hervorgerufenen Erscheinungen von denen der Gletscher fast gar nicht zu unterscheiden. Sie sitzen nicht fest und unbeweglich auf dem Boden, sondern arbeiten in der Richtung der Strömung langsam und stetig vorwärts und bedienen sich oft bei ihrer Polierthätigkeit eingeschlossener Steine, die sie, an ihrer unteren Fläche festhaltend, auf dem Meeresboden arbeiten lassen. So fand Nares[2] an den Grundflächen der Hummocks, die am südlichen Ende einer kleinen Insel in Blackcliff-Bai (Nordküste des Grinnell-Landes) gestrandet waren, harte Kalksteinknollen durch die Einwirkung des Eises gerundet und mit Rillen und Kratzern versehen vor und sagt: „An sehr flachen Küsten, wo die Tiden zurücktreten, schleifen die Hummocks das darunter liegende Material bis zu einer gewissen Lage ab und verursachen einen eigentümlichen, besonderen Ton, der aus dem Kratzen eingeschlossener Steine auf dem felsigen Boden darunter oder bisweilen von dem Reiben auf anderen Steinen des Gerölles herkommt.“ Vielleicht ist hier auch der richtige Platz des Faktums Erwähnung zu thun, das sich in Etzels[3] Beschreibung von Grönland findet, dafs „bei Kikertarsoak verschiedene merkwürdige Rollsteine sich fanden, die auf den schwimmenden Eisfeldern lagen“. Die grofsartigste Thätigkeit in dieser Beziehung entwickeln gestrandete Eisberge. Von ihrer phänomenalen Gröfse und Masse kann man sich kaum einen Begriff machen, noch weniger von dem Drucke, den solche Eiskolosse auf ihre Unterlage ausüben. John Rofs fand auf seiner zweiten Entdeckungsreise an die Küste des Boothia-Landes

---

[1] Sartorius v. Waltershausen, Physich-geographische Skizze von Island, 1847, S. 13.

[2] Nares, II, S. 343.

[3] Etzel, Grönland, S. 647.

Eisberge, die in 50 Faden Wassertiefe festsafsen; Dr. Boas berichtet von Miliakdjuin an der Küste des Baffin-Landes von einem ungeheuren Eiskolofs, der nach seiner Schätzung 15—20 m Höhe, 13 km Länge, 6 km Breite besafs und gestrandet war. 70° 26′ n. Br., 54° 51′ w. L. traf Rofs auf seiner zweiten Reise 700 gestrandete Eisberge, von denen einige in einem 150 Faden tiefen Wasser safsen. Im Südpolarmeere, wo die Eisberge eine weit gröfsere Verbreitung haben, als im nordischen Eismeere, spielen sie in Bezug auf die Küstenbeeinflussung eine noch hervorragendere Rolle, als in letzterem. Es bekommt die nordasiatische Küste und der westliche Teil der nordamerikanischen Gestade mit Einschlufs des gröfsten Teiles des Parry-Archipels überhaupt keinen Eisberg zu Gesicht. Hier ist das Meereis unumschränkter Gebieter.

Bei Berücksichtigung des der Gletscherthätigkeit sehr ähnlichen Schleifwerks treibenden Meereises wird man in vielen Fällen, wo man Felsenrillen und -Furchen antrifft, eher geneigt sein, Treibeiserosion als Ursache anzunehmen, als die Thätigkeit prähistorischer Gletscher, zumal wenn säkulare Bodenerhebungen den Ort der früheren Erosionsthätigkeit dem Meeresrande entrückt haben können. So giebt Lockwood [1] von dem St. Patrick-Valley, einem kleinen ins Meer mündenden Thale des Grinnell-Landes folgende Schilderung: „Indem wir das trockene Bett aufwärts gingen, passierten wir einen engen Hohlweg, der 9 m breit, 15—30 m hoch war, und dessen Seiten an vielen Stellen vertikal waren. Er zeigt die Gletscherthätigkeit einer vergangenen Zeit, indem die felsigen Wände tief gefurcht waren.“ Hier dürfte vielleicht die Gletschererosion eher durch die des Treibeises ersetzt werden, da in diesem Thale wie überhaupt im ganzen nördlichen Grinnell-Lande kein Gletscher vorhanden ist, und das Grinnell-Land nachgewiesenermafsen im Aufsteigen begriffen ist.

c. Aufwühlende Thätigkeit des Treibeises.

In welcher mannigfachen, oft sonderbaren Weise das Eis seine Thätigkeit des Zerstörens entfaltet, können wir in fast jedem gröfseren Reisebericht einer Polarfahrt lesen. Bald wirkt es wie ein Geschofs durch seine Stofskraft, bald wie ein Hebel oder eine Baggermaschine, bald wie ein Polierwerk, bald wie ein Keil, der seine Fesseln in horizontaler Richtung zu zersprengen sucht. Gestrandete Eismassen finden wir oft in rollender und pendelnder Weise ihr Schleifwerk verrichten. Taut nämlich im Sommer von

[1] Greely, S. 133.

dem oberen Teile einer gestrandeten Masse derjenige Teil weg, dessen Gewicht nothwendig war, um die Masse auf dem Grunde festzuhalten, also die Wirkung des Auftriebes aufzuheben, dann steigt dieselbe nach den Gesetzen der Physik empor. Dieses „Sichheben“ oder „Losmachen“ von der Unterlage wird zunächst allmählich vor sich gehen. Die Berührungsfläche mit dem Grunde wird immer kleiner, sie kann achsenförmig werden und zuletzt nur einen Punkt darstellen. Die gemeinsame Thätigkeit der Strömung der Tiden und der Dünung, dazu vielleicht auch diejenige des Windes bringt eine fortwährende Bewegung der Eismasse hervor, die in dem Maſse zunimmt, als sich der Block vom Boden loslöst. Zunächst wird er sich nur wenden und drehen und der Richtung der bewegenden Einflüsse folgen wollen. Bald tritt ein Schwanken, Schaukeln, Oscillieren ein; endlich vermag er sich schon ganz um seinen Stützpunkt zu drehen, und nunmehr genügt ein starker Wogenschwall, um ihn von seiner Fessel gänzlich zu befreien. — Oft spielt sich dieser Vorgang auch anders ab. Da ein gestrandeter Block während des Sommers nicht gleichmäſsig, d. h. auf allen Seiten abtaut und zwar an jedem Punkte seiner Oberfläche in demselben Verhältnis zu dessen Entfernung vom Schwerpunkt der ganzen Masse, da jedenfalls die Südseite eines nordischen Blockes mehr abtauen wird als die Nordseite und die vorspringenden Ecken und Kanten wieder mehr als glatte Stellen, so muſs eine Änderung in der Schwerpunktslage eintreten. Fällt der Schwerpunkt über den Bereich der Basis hinaus, so wird nach dieser Richtung eine Bewegung der Masse stattfinden, die erst wieder ihr Ende erreicht, wenn der Schwerpunkt über der Unterstützungsfläche liegt. Diese Bewegungsart wird in den meisten Fällen nicht bloſs ein einfaches Umkippen, sondern infolge anderer auf den Block wirkender Kräfte, besonders derjenigen des Wassers mehr ein „Herumwälzen“ sein, was bis zum völligen „Überdrehen“ oder „Kopfüberstürzen“ gehen kann. Infolgedessen findet durch den Block geradezu ein „Aufwühlen“ des Meeresbodens statt, und wir können neben die schleifende Thätigkeit eine aufwühlende des treibenden Eises hinstellen. Wird sich die erstere meist nur in dem wirklich schwimmenden Zustande des Eises abspielen, so können wir die zweite mehr als diejenige gestrandeten Eises bezeichnen. Das Zerstörungsbild der letzteren kann wieder das mannigfaltigste Aussehen haben. Zumeist wird sich wohl kaum eine die aufwühlende Thätigkeit besonders charakterisierende Form erkennen lassen. Der zerwühlte Meeresgrund deutet nur auf die furchtbare Kraft, die hier gehaust hat. Manchmal werden trichterartige Löcher in den Schlamm oder Sand

des Bodens gedreht, Felsenstücke und Steine herausgerissen, an anderen Stellen durch die Wucht des niederfallenden Kolosses in den Boden hineingepreſst und festgerammt. Oft wird der Untergrund, wenn er felsig ist, zerschlagen und zersplittert, und die so geschaffenen Ritze und Spalten bilden für das eindringende Wasser neue Angriffspunkte bei seiner erodierenden Thätigkeit. Das geringe specifische Gewicht und die groſse Härte machen das Eis zu einer furchtbaren Waffe der Meereswogen, die sie mit spielender Leichtigkeit zu führen vermögen.

De la Beche[1] schreibt darüber: „Wenn die Eisberge nahe am Ufer oder auf Schlamm oder Sandbänke stranden, so werden sie sehr den unter ihnen liegenden Detritus umwühlen können, besonders wenn sie von den Wellen nach einem heftigen Sturme oder durch das Fallen und Steigen der Gezeiten bewegt werden. Das heftige Stoſsen solcher ungeheuren Massen, wie einige von diesen Eisbergen sind, wird groſse Unordnung in den ruhig stattgehabten Ablagerungen hervorbringen, und an manchen Orten werden Blöcke und Gesteinsstücke mit Grand, Sand und Thon und regelmäſsig durch die Thätigkeit einer solchen Kraft gemischt werden, und es können sonderbare Vermischungen und Biegungen einer früher geschichteten Struktur hervorgebracht werden.“ Nares[2] schildert einmal diese aufwühlende Thätigkeit von Eisbergen, wie er sie in der Disko-Bai an der grönländischen Westküste beobachtet hatte, mit folgenden Worten: „Indem sich das Gleichgewicht der Eisberge änderte, rollten sie rückwärts und vorwärts, bis dasselbe wieder hergestellt war und sie sich in einer neuen Reihe auf dem Boden niederlieſsen. Der aushöhlende, gewissermaſsen aufrührende Effekt, durch diese ungeheuren hin- und herschwankenden Eismassen auf dem Boden verursacht, muſs ein sehr groſser sein. Groſse Mengen von Seepflanzen (Laminaria) steigen bis an die Oberfläche empor und zeigen, welche Verwüstung durch die auf Grund geratenen und dann sich überstürzenden Eisinseln hervorgerufen wird, und die vielen toten Fische, hauptsächlich Cottus, auf den Strand der Disko-Insel geworfen, verdanken ihren Tod ohne Zweifel derselben Ursache.“ Mit dieser aufwühlenden Thätigkeit vereinigt sich also oftmals eine für die Vegetation und das Tierleben Verderben bringende. Es ist derselbe Effekt, den wir auch bei dem Polier- und Schleifwerk des Treibeises beobachtet haben.

---

[1] De la Beche-Dieffenbach, Vorschule der Geologie, S. 212.
[2] Nares, I, S. 18.

Eine lebhafte Schilderung der „aufwühlenden“ Thätigkeit der Torosse an der Nordküste Asiens giebt uns Ferdinand v. Wrangel[1]: „Herr v. Matiuschkin (ein Begleiter Wrangels) war noch 10 Werst weiter vorgedrungen (sie befanden sich etwas nordöstlich vom grofsen Baranowfelsen 71° 52′ 19″ n. Br. mitten unter den noch fest liegenden Torossen des Meeres), aber dort auf offenes Wasser gestofsen und berichtet von dem grofsartigen Naturschauspiel, dessen Zeuge er gewesen, folgendermafsen: Er sah, wie das Eismeer sich seiner Fesseln entledigte, wie die ungeheuren Eisfelder von den tobenden Meereswogen senkrecht in die Höhe gerichtet, fortgetrieben, mit furchtbarem Krachen aneinander geschleudert, dann durch die Gewalt der schäumenden Wellen in die Tiefe hinabgeworfen wurden, von wo sie, durch das aufgeregte Element wieder gehoben, aufs Neue an der Oberfläche erschienen, bedeckt mit dem durch sie aufgewühlten grünlichen Lehm, der hier überall den Boden des Meeres ausmacht, und den wir so oft schon auf den höchsten Torossen gefunden hatten. Es ist unmöglich, sich eine Vorstellung von diesem ungeheuren Zerstörungschaos zu machen. Die unübersehbare, in die furchtbarste Bewegung gesetzte tote einfarbige Fläche, diese Hunderte von Klaftern grofsen Eismassen, die wie leichte Brettchen auf- und abgeschleudert werden, das unaufhörliche donnerähnliche Krachen der berstenden, dicken Eismassen, das Rauschen der dazwischen wütenden Meereswogen, — es ist ein Schauspiel, einzig in seiner Art, mit nichts zu vergleichen, durchaus nicht zu beschreiben.“

Schon bei Dumont d'Urville[2] finden wir, wenn auch nicht scharf ausgesprochen, so doch Andeutungen einer erodierenden Thätigkeit des Eises, speciell der Eisberge. Er sagt einmal von denjenigen, welche den Gletschern des Adélie-Landes ihre Entstehung verdanken: „Es ist wahrscheinlich, dafs sie durch die Wirkung der Tiden und heftig wehenden Winde allmählich vom Lande getrennt und durch die Strömung vom Lande weggetrieben werden. In der That habe ich mehrere ganz nahe beim Lande bemerkt, welche noch Spuren von Felsen zeigen, auf denen sie gelagert waren.“

Es sei hier noch einer Stelle Erwähnung gethan, die wir bei James Clark Rofs[3] in seiner Beschreibung der Südpolarreise finden, und die vielleicht zum Teil auf Treibeisthätigkeit hinweisen dürfte. Wir lesen daselbst: „Die Südwestküste von Admirality-Inlet (zwischen

---

[1] Ferdinand v. Wrangel, Reise längs der Nordküste von Sibirien, S. 77.
[2] Dumont d'Urville, Voyage au Pole Sud etc., II, S. 234, Nr. 46.
[3] James Clark Rofs, Voyage of discovery etc., II, S. 344.

dem Festland mit Mt. Haddington und Cockburn-Insel) wird ungefähr auf eine Länge von 10 Meilen von Kap Seymour an aus Lava von tief brauner Farbe gebildet, mit einer polierten Oberfläche, und in einer so aufsergewöhnlichen Weise gedreht und ausgehöhlt, dafs es das Aussehen hatte, als ob sie durch ein Maschinenwerk in zahlreiche Reihen von Linien geschnitten worden war, dem Gangwerk eines Uhrgehäuses einigermafsen ähnelnd, aber unregelmäfsiger."

d. Erosionserscheinungen bei der Entstehung von Eisbergen. Zerstörungserscheinungen bei dem Eisgang der nordischen Ströme.

Der Eisberg, einst dem Gletscher angehörig und erst vom Meere dem letzteren abgerungen, kann bei seinem Entstehen Erscheinungen hervorrufen, bei denen man in Zweifel geraten möchte, ob man sie noch einer Gletschererosion oder einer Treibeiserosion zuschreiben soll. Bei allen ins Meer mündenden Gletschern kann von den mit dem Meerwasser in Berührung befindlichen Teilen natürlich so lange von keiner selbständigen Erosionsthätigkeit dieser Teile gesprochen werden, als dieselben noch fest mit dem Gletscher zusammenhängen, obgleich man vielleicht geneigt sein möchte, die Thätigkeit der im Meere befindlichen Teile des Gletschers in vielfacher Beziehung mit jener des Eisfufses zu vergleichen. In der That ist es aber noch die reine Gletschererosionsthätigkeit, die um ein Weniges durch das hinzukommende Meereswasser modificiert wird. Erst wenn die vollständige Ablösung des Gletscherblockes eingetreten ist, erst wenn er die Rolle der dahinkriechenden Schnecke mit jener des sich tummelnden Fisches vertauscht hat, ist ihm eine selbständige erodierende Wirksamkeit zuzuschreiben, und erst von diesem Moment an macht dieselbe Anspruch, in dem Kapitel der Treibeiserosion behandelt zu werden. Unterscheiden wir mit Nordenskiöld[1] das im Meere schwimmende Gletschereis als „Eisberge" und „Gletschereisblöcke" und definieren wir die ersteren als solches Gletschereis, „das sich von sehr unebenen Gletschern bildet, welche stets im Innern tiefer Fjorde ausmünden und zwar nur da, wo eine heftige Bewegung der Eismassen stattfindet, welche wiederum innerhalb einer kurzen Zeit eine Ausgrabung des tiefen Eisjords zur Folge hat", im Gegensatz zu den letzteren, welche „durch Abbrechen von Gletschern entstehen,

[1] Nordenskiöld, Die Fahrt der Vega, I, S. 382.

die mit einem geraden und gleich hohen steilen Rande in das Meer vorspringen", so wird der Effekt der ersteren durch ein Emporsteigen, also eine senkrechte Bewegung von unten nach oben hervorgebracht, welche im Auftrieb des Wassers ihre eigentliche Ursache besitzt; dagegen wird der Effekt der letzteren durch eine umgekehrte Bewegung, ein Niederfallen oder Herunterstürzen, verursacht, zu der die Anziehungskraft der Erde die eigentliche Triebfeder ist. Offenbart sich die erstere Wirkung als ein „Losreifsen" von Gegenständen des Meeresbodens, so wird die letztere in einem „Zerschlagen", „Zersplittern" oder „Hineinwühlen" bestehen. — Ist die Loslösung des Gletscherteiles von seiner Muttermasse einmal eingetreten, dann ist seine mechanische Thätigkeit im Meere genau dieselbe wie die des eigentlichen Meereises. Man kann sie vielleicht insofern von letzterer unterscheiden, als bisweilen, wo es auf die Masse oder das Gewicht des arbeitenden Eises ankommt, die Thätigkeit der Eisberge und Gletschereisblöcke im Verhältnis zu deren Masse eine stärkere sein kann, und ihre Wirkungen dementsprechend gröfsere sein werden, als es bei dem Meereis im Durchschnitt der Fall ist. — Von dem Vernichtungswerk kalbender Gletscher in der Kingsbai (Spitzbergen) berichten die schwedischen Expeditionen[1], „wie die Eisberge einer nach dem anderen niederstürzen, so dafs der flache Fjord davon aufgerührt, sie selber aber gewälzt und umgekehrt werden, so dafs ihr Fufs nach oben zu stehen kommt und einen Teil des Bodens mit sich nimmt". Hans Egede Saabye[2] schreibt über die Erosionsthätigkeit bei Entstehung von Eisbergen in dem Ise-Fjord der Disco-Bucht: „Wenn ein solches Stück herabfällt, so hört man das Getöse auf mehrere Meilen; es wälzt sich einige Male, ehe es ins Gleichgewicht kommt, und führt nicht selten ungeheure Steine mit sich aus der Tiefe herauf. Der ganze Meerbusen gerät in Bewegung, das Wasser wächst und braust, die Berge kreissen (= kalben) unter lautem Krachen, tummeln sich fürchterlich herum, bis sie wieder festen Fufs fassen oder weiter hinaustreiben." Bei Réclus[3] lesen wir über die Eisberge der grönländischen Fjords: „Diese riesenhaften Fragmente sind zu grofs, um die Schwelle am Eingang des Fjord zu überschreiten: sie stranden auf der Barre und zerbrechen in Stücke, die noch riesengrofs sind, aber doch im Verhältnis kleiner geworden sind."

---

[1] Die schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Eiland.

[2] Hans Egede Saabye, Bruchstücke eines Tagebuches, gehalten in Grönland in den Jahren 1770—78. Hamburg 1817, S. 3.

[3] Elisée Réclus, Nouvelle Géographie Universelle, la Terre et les Hommes. Bd. XV. Amérique Boréale, S. 112.

Brodbeck[1] schildert den Erosionsvorgang bei dem Kalben der Gletscher folgendermafsen: „Bricht ein solches Ungetüm am Grunde oder an der Seite der Blinke ab, so reifst es oft die eingefrornen Stücke der Felsen mit sich fort, und nicht selten sieht man sie Steine auf dem Haupte tragend dahinsegeln.“ — Inwieweit die verschiedenartige Beschaffenheit (Struktur) des Gletscher- und Meereises eine entsprechend verschiedenartige Wirkungsweise in mechanischer Beziehung bedingt, ist noch nicht näher festgestellt. Theoretische Annahmen darüber zu machen, ist nur von geringem Wert.

Die Erosionserscheinungen bei dem Eisgang der Flüsse werden sich von denjenigen, hervorgerufen durch das Treibeis der Meere, wohl kaum unterscheiden, wenn man auch hier nicht den Mafsstab der Gröfse oder Intensität anlegen will, sondern das Hauptgewicht auf die Art der Erscheinung legt. Vor allem kommen unter den Flüssen die sibirischen und nordamerikanischen in Frage. Indem ein solcher das schematische Bild en miniature einer engen Meeresstrafse darstellt, so wird sich auch die Erosionsthätigkeit seines Eises in der entsprechenden Verjüngung zu jener im Meere abspielen. Es sei noch der vernichtenden Thätigkeit des Flufseises gedacht, die es oft an Werken, von Menschenhand errichtet, ausübt. Im Frühling, wenn die schmelzenden Schneemassen des Südens das ganze Flufsadernetz Sibiriens und Nordamerikas zum Anschwellen bringen und die Öffnungen nach Norden von festliegendem Eise noch verstopft sind, überfluten diese Riesenströme grofse Landkomplexe; schwimmende Eismassen werden von ihren Wassern überall mit hingeführt, und auf seinem Wege entfaltet nun das Eis seine Zerstörungsthätigkeit an allem, was ihm begegnet und was sich nicht willig seiner Bewegung anschliefst. Die Spuren dieses Vernichtungskampfes können schon wir in unserer Breite nach jedem Eisgange im Frühlinge bald mehr, bald weniger deutlich an den Ufern unserer Flüsse beobachten. Noch grauenhafter und schreckvoller entrollt sich das Bild der Zerstörung und des Unterganges dem Einwohner jener nordischen Gegenden. So berichtet Nummelin[2] von seiner Überwinterung auf einer der Brioschowski-Inseln in der Jenissei-Mündung: „Am 11. Mai war der Flufs 5 m gestiegen. Die ganze Landschaft war überschwemmt. Die übrigen Häuser und Erdhütten waren vom Treibeise fortgeführt worden, welches auch das noch übrige Gebäude beständig bedrohte.

---

[1] Brodbeck, Nach Osten, S. 66.
[2] Nordenskiöld, Die Fahrt der Vega, I, S. 187.

Man war gezwungen, auf seinem Dache Tag und Nacht zu arbeiten, um mit Stangen die Eisstücke von sich fern zu halten."

e. Zerstörungserscheinungen verschiedener Art. Schlufsbemerkung zum ersten Teil.

Im Anschlufs an den vorhergehenden Teil, der zuletzt den Kampf des treibenden Flufseises mit dem Bewohner Sibiriens schilderte, wollen wir auf die Beschwerlichkeiten aufmerksam machen, welche das Eis des Meeres der Polarschiffahrt bereitet. Gerade der Eisbedeckung wegen ist die nordische Schiffahrt besonders gefürchtet, und nicht genug können uns die Polarfahrer von den Müh- und Drangsalen erzählen, denen man im Treibeise auf hohem Meere bei aufgeregter See ausgesetzt ist. Der Untergang so vieler Schiffe, herbeigeführt durch die gewaltigen Eispressungen, ist der schlagendste Beweis von der Furchtbarkeit des Treibeises.

Es ist keinen Moment zweifelhaft, dafs auch das tierische Leben durch das Treibeis gefährdet wird, obgleich man in Bezug auf die Tierwelt des Meeres den Einwurf machen könnte, dafs sie mit einer leichten Beweglichkeit ausgestattet ist, die es ihr ermöglicht, dem schwimmenden Eise auszuweichen. Aber gerade in den Treibeisgegenden und vorzüglich an den Rändern der Treibeisschollen ist ein relativ reges und mannigfaltiges Tierleben fast von allen Polarforschern, soweit sie demselben Beachtung geschenkt haben, beobachtet worden, und während sich bei einem ruhigen Seegang und einem friedlichen Dahinschwimmen des Eises ein lebendiges Treiben der Nahrung suchenden Meeresbewohner gerade zwischen und an den Schollen entfaltet, sollte da nicht eine plötzliche Entfesselung der vernichtenden Elemente eine ungeheure Zerstörung und Vernichtung unter dem Meeresgetier herbeiführen, auch wenn der Instinkt sie bisweilen rechtzeitig der Gefahr des Unterganges entzieht? In welcher Weise die Meeresvegetation an den Küsten unter dem Andrängen und Reiben des Treibeises zu leiden hat, ist schon durch einige Beispiele eines vorhergehenden Abschnittes illustriert worden.

Es möge hier noch in einigen Worten der erodierenden Thätigkeit des Treibeises an dem Treibholz des Meeres gedacht werden. Die Beispiele, im Wortlaut des Verfassers, dem ich sie entlehnt habe, werden dieselbe besser charakterisieren. Ganz allgemein äufsert sich in dieser Beziehung Karl Weyprecht[1], indem er

[1] Karl Weyprecht, Metamorphosen des Polareises, Wien 1879, S. 252.

sagt: „Der Baum, der vor Jahren am Stromesrande in Sibirien vom Süden geträumt, von dem die laue Sommerbrise erzählte, als sie in seinen Zweigen spielte, der liegt nun mifshandelt und zerquetscht durch die Umarmung des Eises als halbverwitterter Greis an eisumgürteter hochnordischer Küste.“ Bessels[1] berichtet von einem mächtigen 30 Fufs langen Fichtenstamm, den er im südlichen Teil der Davis-Strafse (60° 39′ n. Br., 52° 55′ w. L.) traf und „dessen entrindete Oberfläche neben den Spuren der Axt diejenigen des Treibeises deutlich erkennen liefs“. In der Beschreibung der zweiten deutschen Nordpolarfahrt[2] lesen wir im wissenschaftlichen Teile über die von Prof. G. Krans ausgeführte Untersuchung der mitgebrachten 25 grönländischen Treibhölzer Folgendes: „Es waren lauter nackte Holzkörper, an denen gewöhnlich nirgends eine Spur ansitzender Rinde zu finden ist. Nur an zweien wurden bei genauerer Besichtigung kleine Rindenfleckchen entdeckt. Die Spuren der Einwirkung roher mechanischer Gewalt, rollender, schleifender und splitternder Kräfte traten an der Oberfläche alle Stücke zu Tage. Die ursprünglich offenbar scharfen Begrenzungen waren abgestumpft, die Kanten abgerieben, Äste abgestofsen, und die Oberfläche in verschiedenem Grade abgenutzt, je nachdem die weicheren oder härteren Partien der Jahrringe nach aussen lagen. Ein brettartig gewachsenes Holz war z. B. auf seiner breiteren Seite, wo die engen Jahrringe lagen, glatt, auf seiner schmäleren, aus weichen Schichten zusammengesetzten mannigfach zerfasert, da hier das Holz mechanischem Drucke u. s. w. weniger Trotz bot. Wie hätte man bei diesen Hölzern auch nicht die Spuren roher Unbilden finden sollen? Mufsten sie doch ... notwendig schon, bevor sie ins Meer kamen, eine lange Flufsreise unternehmen (aus dem Waldgebiet des östlichen Kontinents durch das arktische Gebiet desselben), auf welcher sie Strandungen, Rollungen am Ufer ausgesetzt waren, wurden sie vielleicht an den arktischen Ufern wiederholt von den brandenden Wogen ans Ufer geworfen und wieder aufgenommen, bevor sie noch den schleifenden Zerstörungen des Eises im stürmischen Polarmeere ausgesetzt waren“. In welcher Weise die Eismassen mit den zwischen ihnen schwimmenden Holzstämmen spielen, hat Kosmin, ein Begleiter Wrangels[3], mit eignen Augen gesehen. „Zwischen den Torossen“, schreibt er, „lag viel Treibholz, welches durch die Wellen und den Andrang des Eises in beständiger Bewegung war; ich sah

[1] Bessels, Die amerikanische Nordpolexpedition, I, S. 41.

[2] Die zweite deutsche Nordpolfahrt. II, S. 102.

[3] Ferdinand v. Wrangel, Reise längs der Nordküste von Sibirien, S. 43.

deutlich die einzelnen Balken sich bald aufrecht erheben, bald wieder niedersinken, welches ein gar sonderbares bewegliches Bild gab."

Schlufsbemerkung zum ersten Teile. Am Schlusse dieses Abschnittes mögen die Zerstörungswirkungen treibenden Eises kurz und übersichtlich zusammengestellt werden. Zunächst hat sich ergeben, dafs, wo auch immer Treibeis angetroffen werden mag, bei seiner Berührung mit dem organischen Leben des Meeres und der Küsten und mit den Landgebieten selbst sein zerstörender, vernichtender Einflufs erkennbar ist, dafs sich dieser Prozefs durchschnittlich bis zu einer gewissen Tiefe des Meeres und einer gewissen Höhe an den Küsten abspielt, und dafs sich gewisse Formen des Zerstörungsobjektes nur erkennen lassen, wenn letzteres ein Bestandteil der Küstenbildung ist, sei es Felsen, sei es sandige Flachküste. In diesem Falle erkennen wir die Wirkungen des Treibeises als Schliffe, Ritzen, Furchen, Polierungen, Baggerungen. Während das ganze Gebiet der nordsibirischen Küste und der vorliegenden Inseln infolge ihrer sandigen, lehmigen Beschaffenheit als das Gebiet der Eisbaggerungen bezeichnet werden darf, kann man die ganzen nordischen Fjordlandschaften mehr als das Gebiet der Eispolierung, -Abrundung nennen. Zu den letzteren Landgebieten lassen sich im grofsen und ganzen auch die Inseln des südlichen Eismeeres rechnen. Die grofse Bedeutung des Treibeises für die polaren Landgebiete in mechanischer Beziehung ermessen wir, wenn wir die Thätigkeit ganzer Treibeisströme innerhalb langer Zeitabläufe betrachten. Dann wird es begreiflich, wie früher zusammenhängende Landmassen relativ schnell und leicht in der Richtung auftretender Meeresströmungen durchbrochen werden, und wie sich allmählich durch die Zerstörungsarbeit durchdrängender Eismassen breite, seichte Strafsen bilden konnten. Könnte nicht auf diese Weise der Zusammenhang zwischen dem asiatischen und amerikanischen Kontinent zerstört und der Behrings-Strafse ihre Entstehung gegeben worden sein? Der grofse Eisstrom, welcher in nordsüdlicher Richtung den Robeson-, Kennedy-Kanal, Kane-See, Smith-Sund durchstreift, ist vielleicht in hohem Grade an der Entstehung dieses zusammenhängenden Meeresgürtels beteiligt. Noch nicht ganz vollendet ist dieser Prozefs des „Durchmeiselns", „Durchschleifens" in der Waigat-Strafse. Der alte Zusammenhang von Novaja Semlja, Waigatsch mit dem Pai-Choi und dem Ural ist erwiesen, ein unter dem Niveau des Meeres liegender Höhenzug verbindet noch Waigatsch mit Novaja Semlja, dessen Dasein „zahlreiche Klippen und das hier gewöhnliche Anhalten des nach Westen bewegten Eises" beweisen. „Tiefer ist die Jugor'sche Strafe durchgerissen, aus der wir zahl-

reiche Sondierungen besitzen, die aber trotz ihrer Lage und Krümmung viel seltener vom Eise verstopft wird.“ Doch darf die Thätigkeit dieser Eisströme nicht überschätzt werden, denn die ursprüngliche Beschaffenheit des Landes wird wohl bei der Frage, ob eine Meeresstrafse entstehen kann oder nicht, die ausschlaggebende Rolle spielen und Bodenbewegungen sind nie ganz auszuschliefsen.

II.

DIE DURCH DAS TREIBEIS HERVORGERUFENEN NEUBILDUNGEN.

1. SCHÜTZENDE WIRKUNG DES EISFUSSES. EIGENTÜMLICHE KÜSTENBILDUNGEN DESSELBEN. VEREISUNG.

Wie im Anfang des ersten Teiles hervorgehoben worden ist, geht im Winter an fast allen Küsten der polaren Landgebiete die Bildung eines sogenannten Eisfufses vor sich. Diese Eisumgürtung oder -Umpanzerung müfste, wenn sie stabil wäre, zunächst eine schützende Wirkung auf die Küstengebiete den mannigfachen zerstörenden Wirkungen des Meeres gegenüber haben. Man kann ihre schützende Funktion mit jener der Mangrovegebüsche an Tropenküsten vergleichen, deren Wurzeln ähnlich wie der Eisfufs und das Grundeis in den Boden eindringend den Küstensaum förmlich umarmen. Wie aber auch hier die Schutzkraft derselben nur dem durchschnittlichen Werte der Zerstörungselemente des Meeres entspricht, und wie sie bei extremen Wirkungen selbst zum Opfer fallen, so ist es auch mit dem Eisfufs und dem Grundeis der Fall. An Orten, wo eine heftige Brandung, eine reifsende Strömung, eine hohe Tidenbewegung stattfinden, oder zu Zeiten, an denen heftige Stürme die See aufwühlen, vermag auch dieser schützende Gürtel nicht mehr zu widerstehen. Und merkwürdig genug verfährt die Natur in der Verteilung dieser Schutzmittel. Gerade die am meisten bedrohten Punkte der polaren Küstenlinien haben einen nur mangelhaften oder gar keinen Eisfufs, während die geschütztesten Punkte die grofsartigste Entwicklung dieser Eisform zeigen. So berichtet Dr. Boas[1] von der

[1] Pet. Geog. Mitt. E. B. XVII, S. 57. 58.

Ostküste des Baffins-Landes und den Küsten der Fury-Hekla-Straſse, ebenso von denjenigen des Cumberland-Sundes, daſs sich hier allenthalben des Sommers und Winters ein groſsartiger Eisfuſs erhält, während die Hudson-Straſse infolge der daselbst herrschenden heftigen Strömung nirgends eine Spur einer der oben genannten Eisbildungen zeigt, so daſs sowohl Kings-Kap, wie auch die Inseln zwischen Broken Point und North Bluff stets vom Wasser bespült werden. Am Ostausgange der Hudson-Straſse verhindern nach Boas die Strömungen und die schwere atlantische Dünung die Bildung von Landeis oder Küsteneis (wie man häufig die beiden Formen Grundeis und Eisfuſs gemeinsam bezeichnet).

Der Eisfuſs und das Grundeis können selbst direkt küstenbildend wirken. In solchen Gegenden, wo das Bodenmaterial der Küste eine möglichst groſse Durchdringung mit Eis gestattet, wo der Polarforscher, wenn er an der Küste hinwandert, nicht klar ist, ob er sich auf dem Eise oder auf dem Lande befindet, wo ferner die mittlere Sommertemperatur sich wenig über den Gefrierpunkt erhebt, kann man Küsten antreffen, die aus Lagern von Eis und Erde bestehen. Kommt eine säkuläre Hebung der ganzen Landmasse hinzu, so ist es möglich, groſse Küstengebiete viele Meter über dem Meeresspiegel aus Eis und Erdlagern bestehend anzutreffen. Parry[1] schreibt im zweiten Band seiner nordischen Reisebeschreibung über die Südküste der Melville-Insel (74° 22′ n. Br., 112° 48′ w. L.): „An dieser ganzen steilen Küste fanden wir eine dicke Schicht blauen und soliden Eises fest in den Boden eingebettet in der Tiefe von 6—10 Fuſs unter der Oberfläche des Wassers. Dieses Eis ist wahrscheinlich der untere Teil schwerer Massen, die durch den Druck der Schollen auf den Grund gepreſst worden sind und noch mit dem Grundeis an dem zähen Schlamm festsaſsen, aus dem der Strand besteht, nachdem der obere Teil im Laufe der Zeit aufgelöst worden war. Im Laufe der Zeit steigt dieser submarine Gürtel von Eis, bedeckt mit Schlamm und alluvialen Ablagerungen, mit dem Strande über den Meeresspiegel empor.“ In ähnlicher Weise kann man sich vielleicht die groſse Ljachow-Insel (neusibirische Inseln) entstanden denken. Vegetabile und animale Ablagerungen auf Grundeismassen vereinigt mit Hebungen des Bodens geben eine natürliche und ungezwungene Erklärung der Entstehung der sonderbaren Bodenverhältnisse, wie man sie auf dieser Insel antrifft. Dr. Bunge[2] schildert dieselbe folgendermaſsen: „Ihre Hügel

[1] Parry, Journals of the 1. 2. 3. voyages etc. II, S. 109.
[2] Pet. Geog. Mitt. 1888, S. 47.

bestehen zumeist, wie die steil abstürzenden Wände am Ufer deutlich beweisen, aus sandhaltigen, gefrorenen Schneemassen mit eingelagerten vegetabilischen und animalischen Resten, bisweilen noch aus ungeheuer mächtigen Eismassen, von denen eine 72 Fuſs (22 m) maſs. Zwischen den horizontalen Erdschichten kommen gleichfalls horizontale dünne Schichten klaren Eises vor.“ Die Entstehung dieser Bildungen sucht Dr. Bunge durch das „Einfrieren des in Erdspalten eingedrungenen Wassers im Laufe groſser Zeiträume“ zu erklären, was aber voraussetzen würde, daſs während dieses Einsickerns im Innern eine höhere Temperatur als jetzt geherrscht haben müſste. Zur Zeit besitzen diese Schichten auch im Sommer eine Temperatur unter dem Gefrierpunkt, während nur die äuſsere Schicht auf kurze Zeit bis zu einer verhältnismäſsig geringen Tiefe wegtaut. „Würde die Temperatur des Erdbodens“, sagt Dr. Bunge weiter, „nur kurze Zeit über Null steigen, so würde sie in einen flüssigen Brei verwandelt auseinander flieſsen, und nur die vier Berge blieben übrig. Unter der Einwirkung der Sonne verringern sich die Hügel schon jetzt alljährlich, aufgetaute Erdmassen fallen herab und strömen als dicker Brei dem Meere zu“. Da das Verhältnis der Temperaturen des Innern zum Äuſsern einer Erdschicht immer so ist, daſs im Sommer das Innere kälter als das Äuſsere ist, und da ein von Dr. Bunge angenommener Einsickerungsprozeſs nur im Sommer, der Zeit der Wärmeentwicklung sich abspielen konnte, so muſste, wenn man bedenkt, wie tief das Wasser in seinem flüssigen Zustande in die Bodenschichten dieser Insel eingedrungen ist, unbedingt schon damals ein breiartiges Zerflieſsen der ganzen Insel stattfinden. Viel ungezwungener beantwortet sich aber die Frage des Entstehens dieser Insel, wenn man die „küstenbildende Fähigkeit“ des Grundeises und Eisfuſses in Betracht zieht. Ferdinand v. Wrangel berichtet von einer ähnlichen Küstenbildung an der Nordküste Asiens. Westlich von der Kuropatoschnaja-Mündung (157° 30′ öst. L.) fand er, „daſs das senkrecht herabfallende Ufer, welches den Namen Kuropatoschnoi-Jar führt, gröſstenteils aus nie auftauendem Eise besteht, das mit ein wenig schwarzer Erde und Lehm vermengt ist; hier und da blicken dünne lange Baumwurzeln hervor, und da, wo die Eismasse von den Meereswellen bespült wird, und die wenigen Erdteile herabrollen, kommen nicht selten Mammuthsknochen zum Vorschein“. Ähnliches lesen wir bei Reclus[1] von den Küsten des Grant-Landes: „In den Küstenebenen war es unmöglich zu erkennen,

---

[1] Elisée Reclus, Nouvelle Géographie Universelle Bd. XV. Amérique Boréale, S. 156.

wo das Land und wo das Meer begann; die Sondierungen stiefsen an gewissen Orten auf übereinander liegende Lager von Eis und Gesteinstrümmern, die wahrscheinlich von den Sommerströmen auf die Oberfläche der Eisschollen herniedergeführt und daselbst abgesetzt worden sind; wechselnde Lager von Schnee, in Eis verwandelt, und von Flufsablagerungen bilden sich auf diese Weise von Jahr zu Jahr auf dieser gefrorenen Flachküste".

An dieser Stelle möge noch der Vereisung vieler Küstengebiete gedacht werden, welche auf die Küstenbildung von nicht unwesentlichem Einflufs sein kann. Nares[1] fand im Robeson- und Kennedy-Kanal die Oberfläche der Küstenfelsen zwischen Rissen und Spalten einer alten Terrasse in beträchtlicher Höhe oft ganz vereist vor und sagt darüber: „Es kann nur wenig zweifelhaft sein, dafs diese Vereisung durch Küsteneis hervorgebracht worden ist, als das Land niedriger als jetzt lag, und die Lage der Terrasse schliefst den Gedanken an Gletscherthätigkeit aus." Die grofsartigsten Gebiete der Vereisung finden wir um den Südpol herum. So schildert Dumont d'Urville[2] besonders die Südküsten der Süd-Orkney-Inseln als in hohem Grade, und einige kleine Inseln, welche das Land begleiten, ganz und gar vereist. Dasselbe erzählt er von dem von ihm entdeckten Adélie-Land, Clarie-Land und den Powell-Inseln. Es wird ferner genügen jene ungeheure „Polarbarriere" (polarbarrier) anzuführen, die James Clark Rofs[3] im Westen des Victoria-Landes antraf, welche, 180 Fufs hoch über dem Meeresspiegel und 1000 Fufs dick, sich 450 engl. Meilen nach Westen erstreckte. Indem man wohl mit Recht annehmen darf, dafs diese Eismasse auf einer zum Teil über, zum Teil nahe bis an das Meeresniveau reichenden Unterlage ruht, erkennt man die Bedeutung des Meereises in seiner vereisenden Wirkung. Nach sehr langen Zeitabläufen können wir dann diese Eismassen hoch über dem Meeresniveau, zwischen den gehobenen Küstenfelsen alle Spalten und Thäler ausfüllen, antreffen, und hier spielen sie dann ihre Rolle als Gletscher weiter. Doch hier sei die einschränkende Bemerkung gestattet, dafs nach diesen Zeiträumen das Meereis als solches, welches den Prozefs der Küstenvereisung einleitete, wohl gänzlich seinen Charakter verloren haben dürfte, dafs vielmehr die Zunahme der Vereisung auf Kosten niederfallenden Regens oder Schnee geschehen ist.

---

[1] Nares, II, S. 343,

[2] Dumont d'Urville, Voyage au Pole Sud., II, S. 68, 314. Nr. 105, VIII, S. 140, 176.

[3] Rofs's Southern Regions, I, 233.

Eine treffende Schilderung von der schützenden Wirkung einer sich allmählich an eine Küste anlehnenden Meereseisdecke finden wir in dem Werke: „In Eis und Schnee“[1], welches die Expedition des „Rodger“ zur Aufsuchung der Jeannette-Expedition beschreibt. Über die Überwinterung des „Rodger“ bei Idlidlja lesen wir: „Unser Haus auf Idlidlja war auf dem einzigen flachen Strande errichtet worden, den die Insel aufzuweisen hat, und wieder an der einzigen Stelle dieses Strandes, die nach den Aussagen der Eingebornen auch bei heftigem Wind nicht von den Wellen überspült werden sollte. Erst als das Meer zwischen der Insel und dem Festlande schliefslich ganz zufror, erreichte das Anstürmen der Wellen sein Ende. Sturm auf Sturm hatte den Strand aufgewühlt, die Wellen spülten das weiche Breieis aus dem Meere unaufhörlich nach dem Lande hin. Seit mehreren Tagen war bereits die Küste von Eis umgürtet, auf dem die Eingebornen mit ihren Schneeschuhen umhergingen. Dieses Eis erstreckte sich in einer Spitze bis weit ins Meer hinaus und zwar gerade in der Richtung auf den dem Festlande am nächsten gelegenen Punkt unserer Insel. Endlich erreichte das Breieis diesen Punkt, und von einem Schneesturm unterstützt, der gerade wütete, verschlofs es in wenigen Stunden auch die kleinen Buchten auf beiden Seiten. Nun schlugen die Wellen nicht mehr auf den Strand, denn das Meer hatte sich geschlossen“.

2. STRANDWALLBILDUNG. AUFSCHICHTUNGEN, INDIEHÖHEPRESSEN VON MEERESBODEN- UND KÜSTENMATERIAL. ENTSTEHUNG VON INSELN, SANDBÄNKEN, UNTIEFEN.

Der fast alle arktischen Küsten im Winter umsäumende Eisgürtel mufs an Steilküsten das an den Abhängen herabrollende Trümmergestein aufhalten; der durch die gemeinsamen Wirkungen von Frost, Schnee und Wind entstandene Erosionsschutt an den Böschungen dieser Küsten wird verhindert, direkt ins Meer zu fallen, sondern wird hinter dem Eisfufs je nach dessen Höhe und Widerstandskraft einen mehr oder weniger grofsen Wall bilden. Diese Strandwallbildung ist besonders von Nares, dann auch von Kane und Bessels in ihren Reiseberichten erwähnt worden. Am eingehendsten hat sie Nares behandelt (Narrative of a voyage to the Polar Sea, II, S. 65, 66). Im Sommer, wo der Eisfufs den gröfsten Veränderungen unterworfen ist,

[1] In Eis und Schnee, S. 117.

schmilzt er zum grofsen Teile ab und zwar zunächst an der dem Walle zugekehrten Seite, weil hier die dunklen Bergesabhänge sehr viel Wärme absorbieren und dem Wall zuleiten, vor allem auch sehr viel Wärme wieder ausstrahlen. Vereinigt mit dem von der Berglehne herabfliefsenden Schneewasser bildet der geschmolzene innere Teil des Eisfufses eine lange Wasserrinne, die bei Hochwasser durch das Hereinfluten des Meereswassers sich noch mehr anfüllt, bei Ebbe sich ins Meer entleert. Bei Kap Sheridan beobachtete Nares, wie ein 2 Fufs tiefer und 80 Fufs breiter sehr reifsender Strom seinen Lauf nicht direkt ins Meer nehmen konnte, sondern seinen Lauf nach Süden 1/4 Meile lang zwischen dem Eisfufs und dem Strandwalle entlang nehmen mufste, ehe er sich eine Passage hindurch erzwingen konnte. „Die durch den Strom herabgeführten Trümmer", sagt Nares[1] weiter, „werden auf der Landseite des Eiswalles als ein gehobener Strand niedergelegt, und er wächst ebenso auf dem Eise wie auf dem Lande in die Höhe. So mufs das Eis eine Komponente der Küstenbildung abgeben." Allerdings mufs hinzugefügt werden, dafs es nicht allein der Eisfufs ist, der in dieser Weise küstenbildend zu wirken vermag, sondern dafs seine dammartige Wirkungsweise eine sehr bedeutende Verstärkung durch gestrandete Eismassen erfährt. Es sei deshalb besonders hervorgehoben, dafs diese Küstenbildung auf einer gemeinsamen Thätigkeit des Eisfufses und des „gestrandeten Eises" beruht. Da nun die Widerstandskraft dieses Eiswalles gegen das sich hinter ihm ansammelnde Küstenmaterial von seiner Höhe und Dicke abhängt, so wollen wir einen Augenblick bei der Verteilung des Meereises nach Quantität und Qualität über die polaren Meeresgebiete verweilen.

Sowohl nach Quantität als auch nach Qualität des Eises unterscheiden sich die verschiedenen Gebiete des Eismeeres. Über die Ursachen dieser verschiedenen Eisverteilung ist schon vieles geschrieben worden. Als erste Thatsache bemerken wir, dafs von allen nordsüdlich sich erstreckenden Landmassen die Ostküsten mehr als die Westküsten vom Eise belagert werden, dafs ferner bei den mit den Breitengraden parallel laufenden Küsten die nach Norden zu liegenden unter einem viel höheren Drucke des Treibeises zu leiden haben als die südlichen Küsten. Treffende Beispiele für diese Wahrheiten bieten die Ostküsten von Baffins-Land, Grönland, Spitzbergen, Novaja Semlja, die Nordküsten von Sibirien, des Nordost-Landes, die N.-N.-W.-Küste von Grönland, die Nordküsten von Grant-Land und

[1] Nares, II, 65, 66, 165.

aller Inseln des Parry-Archipels. Und auch von allen den verhältnismäfsig sehr bedrohten Teilen der polaren Landgebiete läfst sich eine graduelle Zunahme der Bedrohung erkennen. Je mehr man sich dem offenen Polarmeere nähert, um so mächtiger werden die von ihm getragenen Eismassen. Je näher eine Küste zu dem offenen Polarmeere liegt, um so grofsartiger und wirkungsvoller zeigt sich das Andrängen seiner Eismassen gegen dieselbe. So schildert uns Nares die Nordküste des Grant-Landes von einem furchtbaren Packeisgürtel belagert, von Eismassen, wie er sie noch nie gesehen. Dieselbe Schilderung entwirft uns Miertsching über die Eisbeschaffenheit der nach Norden zu ungeschützten Inseln des Parry-Archipels, und aus Wrangels Berichten entnehmen wir Ähnliches in Bezug auf die Küsten Sibiriens. An diesen Küsten wird nicht blofs ein einfacher Eisfufs den Strand wie eine Borde einfassen, sondern mächtige gestrandete Hummocksmassen, zum Teil auf den Eisfufs geschleudert, zum Teil auf dem nackten Küstenboden festen Fufs fassend, verstärkt durch geschmolzene und wieder gefrorene Schneemassen der Abhänge der Küstenböschung, bilden einen mächtigen Eiswall entlang der ganzen Küste, der besonders dort schön zur Geltung kommt, wo das Dunkel dahinter liegender Berge gegen seinen Silberglanz grell absticht. Seine Entstehung verdankt er hauptsächlich den Eispressungen des Winters. Welch aufserordentlich grofsartige Wirkungen[1] durch dieselben hervorgerufen werden können, wird in Folgendem an den mächtigen Umgestaltungen des Küstenbodens illustriert werden. Zunächst möge die schützende Wirkung dieses Eiswalles hervorgehoben werden. Sie verhindert oftmals das schwimmende Eis des Meeres, mit der Küste in feindselige Berührung zu geraten. Aber gerade im Sommer, wo das Treiben des Eises am mächtigsten ist, wo der gelockerte Zustand desselben auf der See seinen Höhepunkt erreicht, und das Meer um so leichter diese Waffe, die es sich im Winter geschmiedet, führen kann, verschwindet der schützende Eiswall an den meisten Stellen, zu einer Zeit, wo er seine Schutzkraft am geeignetsten ausüben könnte, während er im Winter in phänomenaler Weise die Küsten umpanzert, als gelte es, dieselben vor der ganzen Wucht eines tobenden, mit furchtbarem Eis bedeckten Ozeans zu schützen; und gerade jetzt liegt der Ozean verhältnismäfsig ruhig, durch die Winterfesseln, die er sich selbst angelegt, zur Apathie verurteilt.

An allen gebirgigen Küsten, die mit einer starken Böschung ins Meer fallen, wird sich diese schützende Funktion ganz wie beim

[1] Pet. Geog. Mitt. 1875, S. 403.

Eisfufs noch in folgender Weise geltend machen. Der in mannigfacher Weise und in den Polargebieten besonders mächtig gebildete Erosionsschutt dieser Abhänge, der dem allgemeinen Gesetz der Schwere folgend immer mehr dem Rande des Meeres zugeführt wird, findet in dem Eiswall einen mächtigen Widerhalt, der sich ihm dammartig entgegensetzt. Auf die dadurch herbeigeführte „Strandwallbildung“ und die parallel mit derselben im Sommer vor sich gehende „Rinnenbildung“ zwischen dem Strand und dem Eiswall ist bereits im Anfange dieses Abschnitts eingegangen worden. Eines Beispieles sei hier gedacht. Es ist die Bennett-Insel, von deren Küsten William Gilder[1] schreibt: „Der Eisfufs, der sich vor dem Lande hinzog, war viele Meter breit und bestand aus einer verworrenen Masse wild aufgehäufter Blöcke und durchlöcherter, zerspaltener und zerklüfteter Hügel. Von der Höhe des steilen Felsabhanges vor uns rollten von Zeit zu Zeit grofse Steine hinab, die in eine etwa 4 Fufs tiefe, durch den Abflufs des oberen Tauwassers gebildete Rinne am Fufse der Klippe hineinfielen.“ Ein mächtiges Agens in dieser Küstenbildung, auf welches jetzt näher eingegangen werden soll, ist die Eispressung. Während sich der Eisfufs und der Eiswall bei dieser Küstenformation mehr passiv verhalten, tritt besonders im Winter das Eis des Meeres in einer aktiven Rolle hierbei auf. Wenn die Eisbedeckung des Meeres fortschreitet und die zerstörenden Elemente desselben, wie Dünung, Ebbe und Flut, Stürme etc. an vielen Stellen der Küsten offene Wasserstellen schaffen, mufs naturgemäfs an anderen Stellen eine Aufhäufung von Eismassen stattfinden. Den Küsten gegenüber offenbart sich dieselbe als ein in horizontaler Richtung wirkender Druck, der durch die Neigung der Küstenebene eine mehr oder weniger grofse Ablenkung erfährt. Diese Eispressung ist an allen vom Eise schwer bedrängten Küsten und zwar im Winter mehr als im Sommer beobachtet worden. Im Sommer wird er nur dort, wo eine starke Strömung die schweren Hummocksmassen des offenen Polarmeeres gegen die Küste treibt, in besonders hohem Mafse bemerklich. Im allgemeinen aber sind die Küsten des Sommers über ihrer lästigen Bürde ledig. Im Winter machen sich diese Pressungen bereits in einem sehr hohen Grade geltend, wenn sich das Eis unter sein Dichtigkeitsmaximum, welches —4 bis —5° C. liegt, immer weiter abkühlt. Mit einer stetigen und unwiderstehlichen Gewalt drückt und prefst es gegen das Küstengestein, schiebt sich an der Böschung

[1] William Gilder, In Eis und Schnee. Die Aufsuchung der Jeannette-Expedition und eine Schlittenfahrt durch Sibirien. S. 306.

des Strandes empor und türmt sich hier in den merkwürdigsten Formen auf. Über diese Eispressungen selbst lesen wir interessante Schilderungen bei vielen namhaften Polarreisenden, so bei Lieutenant Danenhower [1], Karl Weyprecht [2] Kapt. Lyon [3] u. a. Schöne Abbildungen hierzu, die uns die Großsartigkeit dieser Naturerscheinungen lebhaft vor Augen führen, finden wir in dem prächtig ausgestatteten Werke von Dr. Moſs [4]. Auf Tafel IV blickt der Beobachter von einer Anhöhe in der Nähe der Küste von Floeberg-Beach, dem Winterquartier der Nares'schen Expedition, auf die in weiter Ferne in mächtigem Bogen sich hinziehenden Hummocksmassen, die wie eine Borde die Küste einschlieſsen. Auf Tafel V ist man von der Höhe herabgestiegen, die Tafeln X, XI und XII führen uns mitten in die Hummocksmassen hinein. Jetzt empfindet man so recht die Mächtigkeit dieser Massen und die Groſsartigkeit der Wirkung zwischen denselben und dem starren Küstenlande. Mit wütender Gewalt hat hier das Meer mit seiner Eismasse gegen das Küstengestein geschlagen. Aber das letztere hat demselben hartnäckig die Stirn geboten, und nun liegen diese gewaltigen Waffen, zerbrochen und zerborsten, aufgetürmt am Ufer. Besonders Tafel XII zeigt uns recht anschaulich die wilde Kraft, mit der Eisschollen auf die Küste gepreſst werden können. Ein „Floeberg“ fällt vor allem in die Augen. „Wir können uns nicht genug wundern“, schreibt Moſs [4], „welche enorme Kraft ihn auf die allmählich ansteigende Küste gepreſst hat, bis seine flache Oberfläche 40 Fuſs über die Schollen rund herum stand.“

Die Wirkungen dieser Eispressungen dokumentieren sich nun an den Küsten durch „Indiehöhepressen des Bodenmaterials“. So entstehen „Aufschichtungen“, „Aufschüttungen“ dem Strande entlang, die bisweilen ein wandartiges Aussehen erhalten können, im allgemeinen aber eine terrassenartige Erhebung des Küstenbodens darstellen.

Diese Pressungen können in besonders seichten Meeren mit sandigem, lehmigem Boden Inseln entstehen lassen [5]. An jenen Untiefen nämlich, die höher als das Durchschnittsmaſs des Eistiefganges an jener Meerestelle beträgt bis an den Meeresspiegel heranreichen, kommt die schleifende, abreibende Thätigkeit des Treibeises nicht

---

[1] Lieut. Danenhower, The Polar Question, S. 36.
[2] Karl Weyprecht, Metamorphosen des Polareises, S. 17—44.
[3] Captain Lyons Private Journal, S. 57.
[4] Dr. Moſs, Shores of the Polar Sea, London 1878, S. 59.
[5] De la Beche-Dieffenbach, Vorschule der Geologie, S. 222.

allein mehr zur Geltung. Während dieselbe im Sommer allerdings vorherrscht, wird im Winter die Thätigkeit der Eispressung in besonders hohem Masse hervortreten und von allen Seiten eine Aufschichtung von Material verursachen, dessen Oberfläche im Laufe langer Zeiten allmählich über die Meeresfläche erhoben werden kann, zumal wenn säkuläre Hebungen des Bodens hinzukommen. Diese Erscheinung läfst sich oft an Flufsmündungen mit Bänken und Untiefen beobachten. Während an einer solchen Mündung das Eis auf der einen Seite infolge ungünstiger Verhältnisse Untiefen und Bänke beseitigen kann, wird man andrerseits an manchen Stellen eine Untiefen, ja geradezu Inseln bildende Wirksamkeit desselben beobachten können. „Sandbänke“ und „Landzungen“ steigen über das Meer empor, und der Polarschiffer betrachtet sie mit Erstaunen, wo er sie vorher noch nicht erblickt hatte. So kann auch das Treibeis an der vollkommenen Verschlammung gewisser Mündungsarme mitwirken und den Lauf des Stromes in eine neue Richtung zwingen.

Parry[1] berichtet von der Melville-Insel (und zwar von der Südküste derselben): „Sie war ihrer ganzen Länge nach mit Eisbergen, in einer Tiefe von 4—7 Faden liegend, bedeckt. Einige davon waren durch enormen Druck weiter hinaufgeschoben und hatten sich dabei ganz wesentlich vergröfsert.“ Lieutenant Lockwood[2] schildert die Küste von Kap Beechey als „mit grofsen Massen Schollenbergen besetzt, von denen manche 30 Fufs oder höher waren und ebenso dick. Sie waren augenscheinlich durch den Druck des Eises in der Strafse in die Höhe geprefst worden“. Bei John Rofs[3] lesen wir über die Nordwestküste des Boothia-Golfes: „Die Eismassen, welche im Herbste des vorigen Jahres gegen die Küste hier geprefst worden waren, bestanden aus den gröfsten in solcher Lage mir je vorgekommenen Massen. An manchen Stellen der Küste waren zugleich die leichteren Eisfelder in der aufserordentlichsten und unglaublichsten Weise emporgetrieben worden; sie hatten grofse Schichten Schiefer vor sich aufgehoben, und an manchen Stellen hatten sie wohl eine halbe Meile weit über die Flutlinie hinaus den Weg gebahnt.“ Auf derselben Reise fand Rofs[4] am Elisabeth-Hafen viele grofse Blöcke die Felsen hinan bis zur Höhe von 40 Fufs getrieben. Hayes[5] schil-

---

[1] Parry, I, S. 144.
[2] Greely-Expedition, S. 128.
[3] Zweite Entdeckungsreise, II, S. 102.
[4] Ebenda, S. 228.
[5] Hayes, The open Polar Sea, S. 337, 368.

dert einmal die Eispressungen und ihre Wirkungen an den Küsten des Grinnell-Landes im Kennedy-Kanal mit folgenden Worten: „Während wir weiter vorwärts schritten, nahmen wir immer mehr in stets höherem Grade als im Smith-Sunde die ungeheure Macht der Eispressung wahr, die aus der südlich setzenden Strömung resultiert. Jede Landspitze, die nach Norden exponiert lag, war unter Eis der massivsten Art begraben. Viele Blöcke von 30—60 Fuſs Dicke und viel gröſserer Breite lagen hoch und trocken auf dem Strande, von dem unwiderstehlichen Packeis sogar über die höchste Flutgrenze hinaufgepreſst.“ An einer anderen Stelle[1] schreibt er: „Ich hatte auch Gelegenheit, einige der Eismassen zu messen, welche auf die Küste hinaufgepreſst worden waren. An vielen Stellen waren diese Massen zusammengehäuft, eine fast undurchdringliche Barriere bildend. An anderen Orten war der Eisfuſs durchgebrochen, und an einem Flecke war eine Tafel 60 Fuſs dick und 40 Yard breit auf die allmählich ansteigende Küste hinaufgepreſst worden, indem sie lose Felsentrümmer hinaufgeschoben hatte, welche am Grunde des Absturzes lagen; und wenn das Packeis, welches die Störung verursacht hatte, weggetrieben war, wurde dieses Material über die Flutmarke zurückgelassen und andere Felsentrümmer häuften sich darum an.“ Bei Heuglin[2] finden wir einmal folgende Schilderung einer Strandwallbildung bei Kap Heuglin: „An einzelnen Stellen kamen im Meere auch feste Bänke von Schiefermergeln in der Höhe des Meeresspiegels zu Tage. Unmittelbar hinter der Flutmarke begegnet man schmalen, langen, dem Ufer parallel laufenden Geröllbänken von ganz neuer Bildung. Ich möchte ihre Entstehung einem groſsen Schub von losen Gesteinsmassen zuschreiben, der durch den Druck des schmelzenden Schnees gleichmäſsig aus dem Innern nach der Küste hingepreſst worden ist. Hier traf er auf hohes Strandeis, das dem Ablaufen des schmelzenden Schneewassers keinen Widerstand entgegensetzte, die festeren Massen aber aufhielt.“ Vielleicht ist auch das Treibeis an der Bildung der Trümmermassen beteiligt, welche nach Heuglin überallhin in der Ginevra-Bai (Spitzbergen) zerstreut liegen und „auf ihre jetzigen Lagerstätten durch Schnee- und Eisdruck dürften verschoben worden sein“. Ein Beispiel der Zerstörung und Neubildung zugleich lesen wir in der Beschreibung der schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Eiland[3]. Die Küste

[1] Hayes, The open Polar Sea, S. 337, 368.
[2] Heuglin, Spitzbergen, I, S. 216.
[3] Die schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Insel.

der Kings-Bai schildern sie mit den Worten: „Der Boden längs des Strandes war fast ganz blofs; hier und da standen ein paar Büschel von Draba hirta oder Saxifraga oppositifolia in dem scharfkantigen Gerölle, das in der Hauptsache aus einem Konglomerat kleiner Steine bestand, in einen rötlichen Kitt zusammengebacken, aber so locker, dafs sie von dem Eise und dem schmelzenden Schnee leicht losgebrochen werden. An manchen Stellen hatte das Eis Geröll und Steine in der Art zusammengehäuft, dafs es Menschenwerken glich. Wo der Strand aber breiter, waren von den Wogen und dem Eise Höhlen und Kammern gebildet." Ein sehr schönes Beispiel einer Strandwallbildung schildert uns Nordenskiöld [1], die er an der Küste des Matotschkin-Schar beobachtete. „Eine eigentümliche Einwirkung des Eises ist die, dafs alle im Meere nächst dem Strande befindlichen Steinblöcke von demselben auf das Land geschoben werden. Der Strand besteht deshalb an vielen Stellen (z. B. an manchen Stellen des Matotschkin-Schar) aus einer beinahe zusammenhängenden, bis an den Meeresrand reichenden Steinwand, während man aufserhalb einen vollkommen ebenen Meeresboden ohne irgend ein Steinstück hat." Über Bänke von Gesteinsfragmenten an den Seiten der Flüsse in Rufsland und ihre Entstehung durch das Treibeis dieser Flüsse berichtet De la Beche [2], indem er auf die Untersuchungen Murchisons an den Ufern der sibirischen Ströme und besonders an der Mündung der Dwina hinweist. — Eine durch Treibeisthätigkeit verursachte Fahrwasseränderung, die mit dem raschen Entstehen und Verschwinden von Bänken und Untiefen zusammenhängt, hat Heuglin in der Tschirakina-Mündung (südlich von Matotschkin-Schar gelegen) beobachtet und berichtet darüber Folgendes: „Alljährlich ändert sich infolge des Andranges der Eisschollen hier das Fahrwasser, so dafs es jedesmal notwendig wird, ein Boot zum Sondieren auszusetzen. Seit der Überwinterung Pachtussows haben sich übrigens alle Kanäle, welche die seeartige Fläche der Tschirakina mit dem Meere verbinden, derart verschlämmt, dafs es auch bei höchstem Wasserstand unmöglich ist, den alten Hafen selbst mittelst kleinen Segelbooten zu erreichen." Einen ähnlichen Vorgang beobachtete John Franklin [3] bei Kap Lisburn an der Nordküste Nordamerikas. „Derselbe Westwind", schreibt er, „welcher mich bewogen hatte, um Kap Lisburn zu segeln,

---

[1] Nordenskiöld, Die Fahrt der Vega, I, S. 162.

[2] De la Beche-Dieffenbach, Vorschule der Geologie, S. 221.

[3] Zweite Reise des Kapt. John Franklin an die Küsten des Polarmeeres, S. 184.

trieb das Eis gegen die Küste und versperrte dem Boote den Rückweg. Zugleich wurde dadurch längs der Küste eine Strömung von 3—4 Meilen Geschwindigkeit auf die Stunde hervorgebracht. Die gröſseren Eismassen strandeten an 6—7 Faden tiefen Stellen, allein der Raum zwischen diesen und dem Ufer füllte sich mit kleineren Schollen, die der schnelleren Strömung folgten.“

Interessant sind die Schilderungen der Eisthätigkeit in den sandigen und lehmigen Küstengebieten Sibiriens und Nordamerikas (Alaskas). Während das Treibeis in gröſserer Entfernung von der Küste an einzelnen Stellen Untiefen aufhäuft, schieben die nach den Küsten mit groſser Vehemenz getriebenen Hummocks- und Toroſsmassen groſse langgestreckte Sandmassen vor sich her und rollen sie allmählich den Strand empor, bis sie selbst festsitzen und dann ihr Zerstörungswerk durch Aufwühlen des Meeresgrundes beginnen. „Barrenbildung“ und „Sandbänke“ sind die Erscheinungsformen dieser Neubildungen. Lieutenant Waring[1], ein Mitglied der Rodger-Expedition, welche zur Aufsuchung der Jeannette-Expedition auch Wrangel-Insel besuchte, berichtet von der Ostküste derselben: „Nach Westen hin war der Strand ungemein flach; mehrere lange, niedrige Landzungen erstreckten sich hier weit in das Meer hinaus; in den tiefen Buchten dazwischen lag das Eis in dicken Massen dicht gepackt: nichts als eine über und durch einander schiebende, stoſsende und knirschende Eismasse. Der Nordwind hatte das Eis an die Küste getrieben. Meilenweit war der Zustand des Eises an dieser Küste derselbe“. Lieutenant Hunt[2] von derselben Expedition schildert die West- und Nordküste ähnlich: „Viele schmale sandige Landzungen erstrecken sich in nordöstlicher Richtung ins Meer hinaus. Zwischen ihnen dehnen sich meilenweite offene Wasserflächen aus, leider nur flache Lagunen, in denen das Boot fortwährend nur auf den Grund lief.... Einige der Landzungen erstreckten sich 20—25 Meilen weit in die See hinaus, und hier war das Eis so fest gepackt, daſs es schlieſslich unmöglich wurde, sich einen Weg hindurchzubahnen.“ In dem „Report of the internat. Polar-Expedition to Point Barrow, Alaska“[3], lesen wir von einer jedenfalls durch Treibeis hervorgerufenen Barrenbildung entlang der sandigen Küste von Point Barrow Folgendes: „Das Eis blieb bis Januar unaufgebrochen, als ein heftiger östlicher Wind das alte Eis bis zu der 3 Faden tiefen Barre hereintrieb, welche hier parallel

[1] In Eis und Schnee, S. 92,
[2] Ebenda S. 96.
[3] Report of the etc. S. 26.

mit der Küste läuft und ungefähr $1^1/_2$ Meile von ihr entfernt liegt. Innerhalb dieser Barre bildete das Eis eine Schicht von 5 Fuſs Dicke, und ein Fahrzeug konnte mit vollkommener Sicherheit in 4 Faden Tiefe ankern." Diese Barrenbildung wurde auch bei Kap Franklin beobachtet. Man sieht an ihrer Lage zur Küste deutlich, wie das treibende Meereis mit seinem bedeutenden Tiefgang nur soweit wirken konnte, als es die Tiefe des Wassers gestattete. In dieser Entfernung hat die „Aufrollung" des Meeresbodens in der Richtung nach dem Strande ihr Ende erreicht, in derselben zieht sich auch die Barre am Strande hin und läſst zwischen sich und der eigentlichen Küste einen Streifen relativ ruhigen Wassers, welcher von dem Eindringen der schweren Eismassen des Ozeans verschont bleibt. — Wie schnell derartige Barren und Sandbänke entstehen können, ersehen wir aus einem Gespräch, welches der Kapitän des Rodgers [1] mit einem alten Walfischfänger hatte, der lange Jahre hindurch an den Küsten Alaskas und Nord-Ostsibiriens gekreuzt hatte. Der alte Seemann erzählt da von einer „häſslichen Sandbank", die sich „vor kurzem" bei Point Barrow gebildet habe, bei der man nur 1—2 Faden Wasser habe und die auch manchem Schiff gefährlich werden könne. John Franklin [2] erzählt ebenfalls des Öfteren von Sand- und Kiesbänken, die er auf seiner zweiten Reise an die Küsten des Polarmeers angetroffen hat, so z. B. hinderten ihn besonders an der Mündung des Babbage-Flusses (westlich vom Mackenziefluſs) zahlreiche Kiesbänke an der Weiterfahrt. Dr. Richardson [2], der Begleiter des Kapitän Franklin, der vom Mackenziefluſs aus die Küste des amerikanischen Kontinents in östlicher Richtung bereiste, entdeckte bei Kap Dalhousie eine Sandbank, die sich bis zu den Baillie-Inseln erstreckte, „welche die Kommunikation mit der See einigermaſsen sperrte, und diese Annahme wurde dadurch unterstützt, daſs sich eine Reihe von schweren, anscheinend gestrandeten Eismassen sowohl vom Kap Bathurst als vom Dalhousie-Kap in der Richtung der vermutlichen Barre hinzog." Gerade diese Teile der Nordküste Amerikas tragen ganz besonders den Charakter der „Bank-" und „Barrenbildungen" an sich. Östlich vom Kupferminenfluſs ist die Küste schon wesentlich anders. Richardson [2] fand sie „hoch, trocken und weit weniger mit Eis belegt". Hier hörte auch die „Bank-" und „Barrenbildung" auf.

---

[1] In Eis und Schnee, S. 106.

[2] Zweite Reise des Kapitän John Franklin an die Küsten des Polarmeeres, S. 145, 177, 179, 248.

Ein deutliches Beispiel einer durch Treibeis hervorgerufenen Inselbildung bieten die Golfstrom-Inseln an der Westküste von Nowaja Semlja. In Töppens[1] Beschreibung Nowaja Semljas finden wir folgende auf dieselben bezügliche Stelle: „Auf den Fahrten der norwegischen Kapitäne im Jahre 1871 wurden nordöstlich vom Troostrap die Golfstrom-Inseln entdeckt, welche 6 Seemeilen von der Küste entfernt liegen, aus Sand und Gestein bestehen und ganz kahl sind. In den zu Tage tretenden festeren Teilen findet man überall Muscheln und dergleichen. Nach den Angaben der Holländer befand sich an der Stelle der Golfstrom-Inseln zur Zeit der von ihnen unternommenen Expeditionen (1594—97) eine Sandbank, die 18 Faden (= 34 m) unter dem Meeresspiegel lag und durch einen etwa dreimal so tiefen Kanal von Nowaja Semlja getrennt war. Es scheint hier also die sehr bedeutende Erhebung von über 34 m in weniger als 300 Jahren stattgefunden zu haben.“ Vielleicht läfst sich dieses Rätsel lösen, wenn man die Treibeisaktion zur Erklärung herbeizieht. Nichtsdestoweniger soll aber keineswegs geleugnet werden, dafs ein Erheben des Meeresbodens oder, wenn man will, ein Sinken des Meeresniveaus in zweiter Linie in Betracht zu ziehen ist. Die Insel „Iglulik“ nordöstlich der Melville-Halbinsel im Fox-Kanal, unter 69° 20′ 42″ n. Br. und 81° 40′ 12″ w. L. gelegen, ist ein zweites Beispiel dieser interessanten Treibeiswirkung. „Die ganze Insel“, schreibt Kapitän Lyon[2], „scheint durch die Thätigkeit des Eises entstanden zu sein, welches gegen sie prefst und gelegentlich die Küste auf eine grofse Entfernung heraufschiebt, denn trotzdem, dafs der Kalk vorherrschte, waren Granit, Gneifs und andere Mineralien in grofser Menge in kleinen zerbrochenen Stücken mit ihm vermischt. Die ganze Küste ist sehr flach; die Sondirungsbefunde regelmäfsig.“ Die Cary-Inseln[2] und einzelne Teile der Küsten von North-Somerset[3] mögen gleicher Ursache ihre Enstehung zu verdanken haben. Die von John Franklin[4] beschriebene Garrey-Insel an der Mündung des Mackenzie-Flusses dürfte ebenfalls als Beleg dieser interessanten Treibeisaktion hier Erwähnung finden. Als letztes hierher gehöriges Beispiel sei endlich die Moffen-Insel[5] bei Spitzbergen genannt.

---

[1] Töppen, Die Doppelinsel Nowaja Semlja, S. 76.
[2] Captain Lyon's Private Journal, S. 447.
[3] Mac-Gahan, Under the Northern Lights, S. 263.
[4] Zweite Reise des Kapt. John Franklin an die Küsten des Polarmeeres, S. 57.
Phips, Reise nach dem Nordpol 1773, S. 14, 17, 41, 64.

3. LAGUNEN- UND TERRASSENBILDUNG. THEORIE DER STRANDLINIEN.

Über die Eispressungen, denen besonders die Küsten des Grinnell-Landes, des Grant-Landes und des nördlichen Grönlandes ausgesetzt sind, finden wir bei allen Seefahrern, die im Smith-Sunde aufwärts nach dem Pole zu vorgedrungen sind, grofsartige Schilderungen. Hier scheint in der That eines der Hauptgebiete mechanischer Arbeitsthätigkeit des Treibeises zu sein. Sie prägt sich hier aus in der Terrassen- und Lagunenbildung, eine unzweifelhaft grofsartige Erscheinung der Treibeisaktion. Sie ist schon von Kane, wenn auch noch ungenau, dann deutlicher von Hayes und Bessels und voll und deutlich von Nares ausgesprochen worden, und sie beruht auf einer Vereinigung von „schleifender“ und „aufschichtender“ Thätigkeit, die infolge einer sehr günstigen Küstenbildung gerade in diesen Gegenden deutlich zu Tage tritt. Dafs sie schon im Laufe langer Zeiträume hier wirksam ist, zeigt überall die Physiognomie dieser Küsten. Bis zu ihren höchsten Punkten, viele hundert Meter über dem Meeresspiegel lassen sich ihre deutlichen Spuren nachweisen, und sie bestätigen, da eine Gletscherthätigkeit aus gewissen Gründen absolut ausgeschlossen ist, die Theorie der Bodenhebungen an diesen Orten um so mehr. — Hören wir zunächst, was Hayes über die Terrassen des Foulke-Fjordes in seinem Werke The open Polar Sea gesagt hat[1]: „Es sind 23 an Zahl, die sich sehr regelmäfsig bis zu einer Höhe von 110 Fufs über den mittleren Spiegel des Meeres erheben. Die niedrigste erhebt sich 32 Fufs höher als die Tide, aber jenseits derselben erheben sie sich mit grofser Regelmäfsigkeit. Sie bestehen aus kleinen Steinchen, durch die Thätigkeit des Wassers gerundet. Ihre Existenz in allen ähnlichen Örtlichkeiten habe ich bereits erwähnt. Sie bieten ein grofses geologisches Interesse, indem sie das graduelle Emporsteigen jenes Teiles Grönlands, der nördlich 76° B. liegt, illustrieren; und das Interesse wird erhöht, wenn man das correspondierende Sinken im südlichen Grönland in Erwägung zieht. An vielen Punkten, wo der Strom des Meeres vorüberführt und das Eis mit grofser Kraft und Vehemenz emporgeprefst wird, werden die Felsen so lange abgerieben und bearbeitet, bis sie so glatt und poliert wie die Oberfläche einer Tafel sind, — eine Thatsache, welche bei jeder Gelegenheit beobachtet werden kann, wenn man durch das klare Wasser auf

---

[1] Hayes, a. a. O. S. 402.

den Boden sieht. Diese Glätte des Felsens setzt sich oberhalb der Meeresoberfläche bis zu einer gewissen Höhe fort. Bei Cairn-Point ist die Abrasion sehr deutlich, und ebenso ist die Stelle, wo der polierte Syenitfelsen aufhört und der rauhe Fels beginnt, klar bezeichnet. Dieselbe Beschaffenheit existiert auch auf Littleton-Insel bis zu einem fast ebenso deutlichen Grade. Ich habe oben das Auftreten einer ähnlichen Erhebung der gegenüberliegenden Küste erwähnt, wie sie an den terrassenförmigen Ufern des Grinnell-Landes entdeckt wurde."

Die Beschaffenheit des Eises im Robeson-Kanal bis herab in den Smith-Sund läfst schon einen Schlufs auf seine furchtbare Wirkungsfähigkeit zu. Dazu verhält sich der Robeson-Kanal dem in nordsüdlicher Richtung andringenden Eise gegenüber wie ein Trichter, in dessen Eingange sich die festen Eismassen stauen, während die Strömung in dem engen Kanale eine Beschleunigung erhält. Fast stromschnellenartig wälzt sie ihre Wasser- und Eismassen, soweit es der Raum gestattet, hier hindurch. Besonders gefährdet ist der nordwestliche Teil der grönländischen Küste, des sogenannten Hall-Landes. Von demselben berichtet Dr. Coppinger, ein Mitglied der Nares'schen Expedition[1], dafs sie „entweder von sehr steilen Schneewehen oder steilen Klippen gebildet war, deren unterer Teil den direkten und ungeschwächten Druck des nördlichen Packeises erhielt, da es aus Nordwest hertreibt und auf jenen Küstenteil gerade im rechten Winkel trifft; das Chaos unter den Eisschollenbergen nahe der Küste war unbeschreiblich". Lieutenant Rawson[2], ebenfalls von der Nares'schen Expedition, fand, dafs die Hummocksberge an dieser Küste gröfser seien und einen gröfseren Druck des Packeises aussprächen, als an der Küste des Grant-Landes.

Das erste Stadium der Terrassenbildung ist die „Formation des Strandwalles" oder die „Wandaufführung". Ihr Entstehen habe ich bereits zu erläutern versucht. Sie verdankt ihre Bildung einer aktiven und passiven Eisthätigkeit in Form eines „Hinaufpressens" und eines „Abdämmens". Es ist vielleicht nicht überflüssig, wenn noch einige Citate aus dem wertvollen Werke von Nares[3] hier Platz finden. Das nächste bezieht sich auf den die Küsten des Robeson-Kanals einsäumenden Eiswall und dessen Thätigkeit, von welchem er sagt: „Die Küstenlinie ist mit Ausnahme weniger Orte, wo die Klippen sich steil

---

[1] Nares, I, S. 316.
[2] Ebenda, I, S. 305
[3] Ebenda, II, S. 128.

aus der See erheben und keinen Raum gewähren, auf welchem das Eis ruhen kann, in wenig Schritt Entfernung von einem fast ununterbrochenen, wild zerrissenen Walle umgeben, der durch angehäuftes Eis gebildet ist, das durch das Packeis auf den Gipfel des ursprünglichen Eisfufses in die Höhe gepresst ist und sich 15—35 Fufs erhebt. Quer vor den grofsen Schluchten schmilzt das durch die Sommerfluten niederlaufende Wasser einen Weg durch die Eisbarriere und unterbricht gelegentlich die Kontinuität des Walles; aber sogleich schliefst sich das Packeis durch Pressung gegen die Küste, ein neugebildeter Eiswall erhebt sich und schliefst das Loch zu. Die in den Thälern niedergebrachten Trümmer, die nicht in das Meer getragen werden können, werden innerhalb der Eisbarriere niedergelegt, eine gehobene Küste bildend, welche, wo das Land im Erheben begriffen und die Neigung der Küste günstig ist, eine beträchtliche Dicke erreicht. Nördlich vom Robeson-Kanal, wo das Land nach Nordwest umbiegt, und die Küste ihren steilen Charakter verliert, und nahe bei Kap Sheridan wird das schwere Polareis in einer Entfernung von 100—200 Yards von der Küste gestrandet und ein Wall von unverbundenen Eismassen von 20—60 Fufs Höhe gebildet, der in einer Wassertiefe von 8—12 Faden den Boden berührt". Über die aufschichtende Thätigkeit[1] während der Terrassen- und Lagunenbildung lesen wir bei Nares Folgendes: „Das rapide Steigen der Küsten des Grinnell-Landes zeigt in einem bemerkenswerten Grade, wie mächtig die Thätigkeit des schweren Polareises ist, und zwar in der Aufschichtung von Schlamm- und Kiesbänken in parallel mit der Küste laufenden Linien. Wo immer eine Landspitze ins Wasser vorspringt, mit mäfsiger Tiefe, da zeigen Reihen gestrandeter Hummocksberge sehr deutlich, wo sie und ihre Vorgänger auf dem Boden Hügel in die Höhe geschoben haben, indem sie nach der Küste zu gepresst worden sind. Wo zwei Landspitzen nahe beisammen liegen, vergröfsert sich der Uferwall mit dem Steigen des Landes und bringt in der That eine Barre hervor, die sich von einem Punkt zum andern ausdehnt und eine geschützte Bai bildet, in welche das schwere Polareis nicht mehr gepresst werden kann. Die Bergströme, mit Schlamm und Trümmern beladen, füllen fortgesetzt diese geschützte Bai aus, welche bei dem kontinuierlichen Emporsteigen des Landes endlich in einen See verwandelt wird. Im Laufe der Zeit, nachdem der See versandet ist, wird die alte Barre durchschnitten, und die Ströme führen wieder das angehäufte Material hinaus, indem sie es von neuem in ähn-

---

[1] Nares, I, S. 250.

licher Weise in einem niedrigeren Wasser niederlegen. So fanden wir im Grinnell-Lande in verschiedenen Höhen (bis 1000 Fuſs über der Meeresküste) überzeugende Beweise dafür, daſs während der Periode, welche diese groſse Erhebung des Landes repräsentiert, dieselbe Fauna gedeiht, wie sie im Polarmeer existiert, und daſs die oben erwähnten Ablagerungen unter denselben physikalischen Bedingungen entstanden waren, wie sie jetzt herrschen."

In der oben angeführten Schilderung ist die Entstehung der ersten Terrasse und die Lagunenbildung auf derselben vollkommen einleuchtend. Seine weitere Erklärung, die wir gleich hören werden, und die sich auf die Bildung vieler treppenartig aufsteigender Terrassen bezieht, ist aber ungenügend. Mit Recht sagt er[1] wohl: „Während die Bildung eines gehobenen Strandes innerhalb des aus Eis gebildeten Walles, der sich an der Küste hinzieht, sehr augenscheinlich ist, ist es schwierig zu erklären, warum bei einem allmählichen und kontinuierlichen Steigen des Landes solche alte Formationen später als eine Reihe von Stufen angetroffen werden." Die Begründung dieser Erscheinung beschränkt sich bei ihm auf die folgenden Worte: „Aber da mit der gröſseren Steilheit der Küste die Höhe jeder Stufe zunimmt und ihre Zahl sich vermindert, so sind wahrscheinlich die jetzt exponierten Küsten nur jener Teil der ursprünglichen Aufschichtung, der nicht bereits bis zu einem niederen Niveau abgetragen oder abgeschwemmt worden ist. Zu den Steinhaufen und Trümmermassen, welche während des Tauens von den Klippen fallen, und jenen, welche durch die Sommerströme heruntergewaschen werden, so daſs sie durch Anhäufung innerhalb des Eiswalles eine erhobene Terrasse bilden, mit einem steilen Fall nach der See zu, kommt, daſs jedes schwere Stück des passirenden Eises den Meeresboden auſserhalb des Walles ebnet und so die erste Formation der Stufe unterstützt." An einer anderen Stelle sagt er, nachdem er die Bildung der ersten Terrasse und die Entstehung der Rinne zwischen der Terrassenwand und dem Eiswall während des Sommers durch das starke Tauen besprochen hat[2]: „Diese von den Abhängen herabflieſsenden und zu Strömen vereinigten Gewässer schneiden bald tiefe Kanäle in das Eis und nehmen ihren Weg zum Meere durch transversal liegende Höhlungen im Eisfuſse, wobei sie oft den darunter liegenden Felsen bloſs legen, welcher bei Ebbe trocken wird, sich aber bei der Flut wieder mit Meereswasser füllt, das durch die Öffnungen mit groſser Gewalt hineinströmt, rechts

[1] Nares, II, S. 66.
[2] Ebenda, II, S. 340.

und links sich Bahn bricht, den Graben längs des Geröllabhanges ausfüllt und sein Material ordnet. Dasselbe fällt zu Boden und bildet den alten Meeresboden, welcher infolge des allmählicher Emporsteigens des Landes eine charakteristische Reihe von aufeinanderfolgenden Terrassen in verschiedenen Erhebungen bis 200 oder 300 Fuſs, besonders in geschützten Baien und Fjorden und gelegentlich an Orten darstellt, wo Wellenthätigkeit unmöglich ist. Diese Terrassen bildeten zweifellos früher viel mehr zusammenhängende Linien als jetzt; spätere Denudation hat Teile derselben zerstört, aber die zahlreichen Reste, welche von einem schützenden Schneemantel umgeben übrig blieben, genügen um zu zeigen, daſs sie durch eben dieselben jetzt noch im Fortschreiten begriffenen Prozesse gebildet wurden.“ Bei der von Nares gegebenen Erklärung der treppenartigen Terrassenbildung ist es nur nicht klar, wie beim kontinuierlichen Emporsteigen des Landes, dessen Betrag in einem Jahre sehr gering ist, diese Treppenbildung möglich wurde, wenn man nicht die ungeheuerliche Annahme macht, daſs jede einzelne Terrasse einem den Winter über durch Eispressung gebildeten Strandwall entspricht. Die in einer jährlichen Periode wiederholte Strandwallbildung würde unter dieser Annahme allerdings zu einer treppenartigen Bildung führen; sie würde aber die unmögliche Hypothese verlangen, daſs sich das Land innerhalb eines Jahres von Terrasse zu Terrasse gehoben hätte. Es mag zweckmäſsig sein, noch einige Schilderungen der Küstenverhältnisse verschiedener Punkte des Grinnell- und Grant-Landes und ähnlicher Verhältnisse in anderen Polargegenden hier einzufügen.

„Die Norman Lockyer-Insel“, sagt Nares[1], „liegt in ihrem niedrigeren Teile ungefähr 300 Fuſs über dem gegenwärtigen Meeresspiegel und ist eine Aufeinanderfolge von erhobenen, aufgeschichteten Uferrändern, die sich gegen 20 Fuſs übereinander erheben“[2]. Auch die Ward Hunt-Insel zeigt jene Treppen- oder Stufenbildung sogar bis 600 Fuſs Höhe über dem Meere. Ihre sonstige auf die Treibeisthätigkeit schlieſsende Beschaffenheit schildert Nares[3] folgendermaſsen: „Die Insel, soweit ich sie gesehen habe, scheint aus kleinem Gerölle gebildet zu sein. Abgesehen vom Nordwestende giebt es keine Klippen; alles übrige ist ganz abgerundet. Wie die Crozier-Insel und die niedrigen Vorsprünge vor den Kaps ist sie nach Westen steiler,

---

[1] Nares, I, S. 85.

[2] Beschreibung der Norman Lockyer-Insel bei Dr. Moſs, Shores of the Polar Sea, S. 21 und bei Captain Markham, The great Frozen Sea, S. 84.

[3] Nares, II, S. 32.

nach Osten niedrig und abschüssig, und welcher Bildung sie auch ihr Entstehen verdanken mögen, so ähneln sie doch einander in so vielen Punkten, dafs ihre Existenz sehr wahrscheinlich aus derselben Ursache entspringt." Kap Albert ist nach Dr. Mofs'[1] Beschreibung ein „langer Wall horizontal gebänderter Klippen" und von Northumberland und den Haklings-Inseln hebt er besonders die „terrassenartigen steilen Abhänge" hervor. Kapitän Markham[2] schildert das Kap „Sanderson his hope" ebenfalls als aus Terrassen bestehend; und bei Peter Force[3] finden wir eine allgemeine Beschreibung der Terrassenbildungen des Grinnell-Landes. Eine interessante Beobachtung machte Greely[4] am Hazen-See in Grant-Land. Von seiner Landexpedition an die Küsten desselben berichtet er: „Nach fünfstündigem Marsche gelangten wir an merkwürdige gratartige parallele Erhöhungen aus Kieseln und kleinen glatten Steinen, welche sich über 100 Schritt am Ufer hinzogen und deren Basis an der Hochwassermarke lag.... Ich bin der Meinung, dafs sie sich im Sommer oder Herbst während schwerer Nordpolstürme gebildet haben müssen, welche das Eis heftig gegen die Küste prefsten. Diese Vermutung wurde im Sommer durch direkte Beobachtung bestätigt." Von der Gould-Bai schreibt Hayes[5]: „Hier bemerkte ich, wie auch in Port Foulke, Rensselaer Harbour und in der That fast in jeder Bai der grönländischen Küste, welche ich über Kap York hinaus besucht habe, dafs sich das Land allmählich hebt, indem es, in Stufen von gröfserer oder geringerer Regelmäfsigkeit gebrochen, eine Reihe von terrassenförmigen Etagen darstellt, deren höchste ich 120—150 hoch schätze." Die Berge der ganzen Küste schildert er als „himmelanstrebende Kegel, die wie ungeheure Haufen von Kanonenkugeln aussehen". Ähnlich beschreibt Kane die Berge der Victoria-Albert-Mountains, deren „Gipfel meist zugerundet einer Reihe von Zuckerhüten oder aus Kanonenkugeln aufgeschichteten Pyramiden glichen", und John Franklin[6] nennt uns in seiner „Zweiten Reise an die Küsten des Polarmeeres" einen ähnlichen Berg in der Nähe der nordamerikanischen Küste an der Mündung des Mackenzieflusses, bei dessen Beschreibung er sich geradezu desselben Bildes eines „Kanonenkugelhaufens" bedient. Ferner beschreibt derselbe Autor

[1] Dr. Mofs, Shores of the Polar Sea, S. 14, 19.
[2] Kapitän Markham, The Great Frozen Sea, S. 45.
[3] Peter Force, Grinnell-Land, S. 9.
[4] Greely, Drei Jahre im hohen Norden, S. 169, 170.
[5] Hayes, The open Polar Sea, S. 337.
[6] Zweite Reise des Kapitän John Franklin an die Küsten des Polarmeeres, S. 154.

den Conybeare-Berg an der Nordküste von Amerika, unter 69° 36′ n. Br. und 139° 42′ w. L. gelegen, „dessen Fuſs aus 3 parallelen Absätzen oder Terrassen besteht, deren Wände nach dem Augenmaſs 50, 80 und 130 Fuſs Höhe hatten“. Von den Terrassen der Lockwood-Insel schreibt Lockwood[1] in seinem Bericht an Greely: „Wir bauten einen groſsen weithin sichtbaren Steinhaufen auf der unteren von zwei Uferbänken.... Wir erstiegen ohne Schwierigkeit die kleine Felsenreihe, welche von unten als Gipfel erschien; es war aber nur ein Absatz. Der Aufgang zur Haupthöhe war anfangs sanft, wurde dann immer steiler, bot aber keine Schwierigkeit, denn von einiger Entfernung unter dem Gipfel war der Boden mit kleinen Steinen besetzt, so gleichförmig an Gröſse, Lagerung etc., wie eine macadamisierte Straſse.“ Auch in anderen Gegenden der polaren Landgebiete sind terrassenartige Küstenbildungen vereinigt mit einer in langen Zeiträumen stattgefundenen Hebung des Landes beobachtet worden. Über eine Strandlinienbildung im Matoschkin-Scharr berichtet Nordenskiöld[2]: „Hier zeigen sich nicht weniger als sieben deutlich zu unterscheidende Strandlinien und geben uns den Beweis, daſs während der jüngsten geologischen Periode das Land an dieser Stelle sich mindestens 500 Fuſs gehoben hat.“ Die Erwähnung einer Terrassenbildung im Kaiser Franz-Josephs-Lande finden wir in Peterm. Geogr. Mitt. 1876[3]: „Es ist bekannt, daſs Nordost-Grönland, Nowaja Semlja, Sibirien im langsamen Emporsteigen aus dem Meere begriffen sind; daher war es höchst interessant, Merkmale der Landeserhebung auch an den Küsten des Austria-Sundes zu beobachten, nämlich schuttüberlagerte Terrassen mit organischen Einschlüssen (Muscheln), welche die Küste gleich hypsometrischen Kurven einschlieſsen.“ Genaueres sagt darüber Julius Payer[4] in seinem Bericht über die Österreichisch-Ungarische Nordpolexpedition. Von Kap Tyrol sagt er, daſs „das Land an der Küste gewöhnlich die Reihenfolge dreier Etagenformen bilde“, auch die Admiralitäts-Halbinsel Nowaja Semlja's und die Barents-Insel zeige terrassenartige Küstenabhänge.

Die erste und neueste Stufe der Terrassenbildung auf Nowaja Semlja bilden die sogenannten Vorlande, von denen Töppen in seiner Beschreibung Nowaja Semljas eine interessante Schilderung entwirft.

---

[1] Greely, Drei Jahre im hohen Norden, S. 210.

[2] Nordenskiölds Nordpolarreisen, S. 278.

[3] Pet. Geogr. Mitt. 1876, S. 174.

[4] Julius Payer, Die Österreichisch-Ungarische Nordpol-Expedition 1872—74, S. 18, 19, 348, 440.

In derselben weist er bereits darauf hin, daſs dieselben entschieden durch eine nivellierende Wirkung entstanden sein müſsten, bezeichnet aber als Träger dieses Einflusses ganz allgemein das Meer. Doch können wir, nachdem wir das Treibeis in seiner mannigfaltigen Thätigkeit kennen gelernt haben, mit vollem Rechte letzterem diese Wirkung zuschreiben. Beachten wir, was Töppen[1] hierüber sagt: „Fast überall sind auf Nowaja Semlja dem eigentlichen, massig aufragenden Inselkörper flache Küstenstreifen, sogenannte Vorlande, vorgelagert. An der Westküste ist dieser Charakter namentlich der Meshduscharrskij-Insel, dem Küstenstreifen des Gänselandes („einige wenige Hundert Fuſs hohes, fast ebenes oder überaus sanft gewelltes Land, welches im Osten von einer plötzlich aufsteigenden Mauer, gebildet aus sogenanntem Augitporphyr und Mandelstein, begrenzt wird“), der Küste zwischen Pilzbucht und Matoschkin-Schar, der Landzunge, deren Spitze Ssuchoi-Nofs bildet (Langenes), der Admiralitäts-Halbinsel, den Barents-Inseln und den hinter letzteren liegenden Uferteilen aufgeprägt. Die Ostküste ist namentlich gegen Süden hin flach. Das Entstehen dieser Vorlande wird durch die Entfernung von der Haupterhebungsaxe und durch ihre für die Einwirkung der Atmosphärilien gegenüber den zum Teil aus Quarziten bestehenden Hauptkämmen leichter empfänglichen Gesteinsarten nicht genügend erklärt, zumal da wir es nicht mit Tafelländern zu thun haben, deren Schichten horizontal lagern — die Schichten jener Vorlande (Schiefer abwechselnd mit Kalk- und Dolomitbänken) sind ja aufgerichtet, manchmal wie bei den Barents-Inseln, gerade auf den Kopf gestellt — wohl aber kann es erklärt werden, wenn wir zu jenen beiden Gründen noch den der sekundären Hebung hinzunehmen. Lag das Land zur Diluvialzeit beträchtlich tiefer, so waren die jetzigen Vorlande der Wirkung des Meeres ausgesetzt, welches vielleicht Jahrtausende lang einen nivellierenden Einfluſs ausüben konnte. Oft, zum Beispiel an den Schiefern des Südostzipfels, läſst sich derselbe ganz direkt erkennen.“ An einer anderen Stelle lesen wir[2]: „Die Admiralitäts-Halbinsel steigt ebenfalls in Stufen empor, und die Buchten, welche von Norden und Süden den Isthmus bespülen, der sie mit dem Hauptkörper der Nordinsel verbindet, sind seicht und nach allen Seiten hin offen.... Von einem stufenförmigen Aufsteigen der Berge spricht auch Pachtuſsow bei Beschreibung der Lütkebucht und ihrer bis zu 800′ (244 m) ansteigenden Umgebung.“ Werfen wir endlich unsern Blick nochmals auf Grönland, so bietet

---

[1] Töppen, Die Doppelinsel Novaja Semlja, S. 78.
[2] Ebenda, S. 76.

sich hier und zwar an der Ostküste eine Strandlinienbildung bei Kap Börgen auf der Shannon-Insel dar, von welcher Koldewey schreibt: „Wir trafen auch in längerer Ausdehnung eine breitere mit kleinen Steinen und Sand bedeckte Strandlinie, auf welcher sich das durch das Eis bewirkte Hinanschieben gröfserer Steinblöcke deutlich erkennen liefs.“ Es sei endlich noch eines Beispiels des Kapitäns M'Clintock[1] gedacht, der von King William-Island folgende Schilderung giebt: „Dieses Land legt uns den Gedanken nahe, dafs es sich innerhalb einer-neueren geologischen Periode aus dem Meere erhoben hat — nicht plötzlich, sondern in regelmäfsigen Intervallen; die zahlreichen Terrassen oder Strandlinien bilden lange horizontale Linien, die sich stufenweise erheben; nahe am Strande sind sie natürlich sehr scharf und deutlich.“

Fassen wir diese Betrachtungen zu einem Gesamtresultate zusammen, so können wir etwa sagen, dafs in manchen Gegenden der polaren Küstengebiete die Thätigkeit des Meereises und Meerwassers, verbunden mit den erodierenden Kräften der Atmosphäre und einer im Laufe sehr grofser Zeiträume vor sich gegangenen Hebung des Bodens, der Küstenphysiognomie ein bestimmtes Gepräge verliehen hat, eine Terrassenform, deren Terrassen, parallel laufend, unter sich einen bald gröfseren, bald kleineren Abstand zeigen, so zwar, dafs er nach oben zu im allgemeinen immer gröfser wird, dafs ferner jede einzelne Terrasse an einzelnen Punkten (besonders Kaps) Unterbrechungen erleidet, und dafs ihre Deutlichkeit mit der Höhe abnimmt. Die Schwierigkeit der Erklärung der Terrassenform in ihrer treppenartigen Aufeinanderfolge läfst sich leicht beseitigen, wenn man die jährlichen Eisverhältnisse in jenen Küstengegenden in Betracht zieht. Die Beobachtung dieser Verhältnisse lehrt nun, dafs man besonders an den Küsten des Kennedy-Kanals von einer regelmäfsigen Eispressung verbunden mit Aufschichtung in jedem Winter an einem und demselben Orte nicht sprechen kann und auch nicht vermuten darf, dafs die durchschnittliche Intensität des Druckes an jedem einzelnen Orte in jedem Jahre dieselbe sei. Thatsächlich spielt sich der Vorgang bei weitem nicht so regelmäfsig ab. Schon die Eisbildung des Meeres, von den verschiedensten Umständen abhängend, ist an einem und demselben Beobachtungsorte in verschiedenen Jahren wesentlich verschieden, ebenso die Menge von Treibeis, die seine Küsten belagert. Dementsprechend sind auch die jährlichen Wirkungen dieser Eismassen an demselben Orte in Bezug

[1] M'Clintock, A Narrative of the Discovery of the Fate of Sir John Franklin and His Companions, S. 309.

auf ihre Intensität verschieden. Denkt man sich die Intensitäten dieser Wirkungen einer langen Reihe von Jahren in Form einer Skala zusammengestellt, so wird sich nun zeigen, dafs in mehr oder weniger grofsen Abständen Maximalwerte vorhanden sind, und dafs diese Abstände der Zeit nach sehr bedeutend sein können. Eine jede solche Terrasse der treppenförmigen Küstenbildung ist nun nichts anderes als die Erscheinungsform, die zu einer solchen Maximalwirkung gehört. Hat z. B. ein Küstenpunkt ein furchtbares Eisjahr erlebt, dessen Wirkungen weit hinauf am Strande sichtbar sind und tritt nun gewissermafsen eine jahrelange Ruhepause ein, oder besser gesagt, zeigt die folgende Reihe von Jahren geringere Eiswirkungen, dann wird der durch jene Maximalwirkung entstandene Strandwall mit den übrigen Küsten allmählich emporsteigen, und erst die nächste Maximalwirkung, die geringen Wirkungen der vorhergehenden Jahre verwischend und in sich aufnehmend, wirft einen neuen Wall unter dem ersten auf.

Interessant ist ein Ausspruch v. Richthofens[1] über den Zusammenhang von Treibeisthätigkeit und Strandlinienbildung. Er sagt: „Erwünscht sind Beobachtungen über die Rolle, welche das Eis bei der Brandung spielt; eine ausgebreitete Decke von Packeis oder Meereis sollte ihre Arbeit lahm legen. Sie hebt und senkt sich zwar mit Ebbe und Flut und bewirkt eine Reibung an den Küsten; aber die Kraft der Wellen wird durch die feste Decke, welche sie zu heben haben, beinahe neutralisiert werden. Schwimmendes Eis wird die Wirkung der heranrollenden Welle abschwächen. Dagegen dürfte ein nicht unbedeutender Arbeitsbetrag durch gestrandete Eisberge ausgeführt werden, wenn sie sich mit den Wellen heben und senken. Doch geschieht diese Arbeit untermeerisch. Die Brandung kann auch durch Eisberge nur abgeschwächt werden. Es ist indessen zu bemerken, dafs einige Forscher, entgegen der hier vertretenen Ansicht, in dem Eis einen Genossen des bewegten Meeres erblickt haben, welcher dem letzteren nicht nur in der Küstenzerstörung behilflich sei, sondern in manchen Fällen (z. B. bei der Bildung der norwegischen Strandterrassen) den Hauptbetrag der Arbeit verrichtet habe. Diese Frage sollte durch Beobachtungen in hohen Breiten klar gelegt werden.“

Lagunenbildung. Wie das Treibeis auch in dieser wichtigen Formation ein bedeutender Faktor sein kann, ist bereits in

---

[1] v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende, S. 364. Vgl. auch Günther, Geophysik, II, S. 462.

einem der letzten Abschnitte besprochen worden. Es handelte sich dort um die Lagunen des Grinnell-Landes, wie sie Nares an dessen flacher Nordküste gefunden hat. Ihre Entstehung wird vor allem in weniger geneigten Küstengegenden leichter möglich sein, als an Küsten mit starker Böschung. Bei ersteren ist hinter dem vom Treibeise aufgeworfenen Strandwall Platz genug für diese eigentümliche Bildung vorhanden. Ein wesentliches Erfordernis dabei ist die sandige oder geröllartige Beschaffenheit des Strandes, und überall in den nordischen Ländern, wo sich diese Bedingungen vereinigt finden, treffen wir mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Lagunenbildungen an.

Eine grofsartige Erscheinung dieser Art sind die beiden Lagunen auf Jan Mayen. Auf ihre Beschaffenheit und Entstehung wollen wir etwas näher eingehen, und ich beziehe mich hierbei ganz auf die Mitteilungen der österreichischen arktischen Expedition nach Jan Mayen. In dem Bericht des Dr. Chavanne lesen wir Folgendes: „Die Nordlagunen: Der zwischen dem Meere und dem See liegende Damm hat eine durchschnittliche Erhebung von 5,2 m über der Meeresfläche, eine Breite von 207 m und eine Länge von 1042 m. Gleich jenem der Südlagune ist das Wasser atmosphärischen Ursprungs, keine Alge kein Muschelfragment, nichts, was auf Tierleben schliefsen läfst konnte mit dem Scharrnetze zu Tage gefördert werden. Die holländische Chronik erwähnt diese Lagune nicht, sondern nur eines Sümpfchens, wo es süfses Wasser giebt und wo man viele Fische fängt; man hat da einen flachen Vorstrand, über welchen man eine Schaluppe holen kann, um in obiges Sümpfchen zu gelangen.

„Von der Entstehung der Lagune an der Südseite haben wir zuerst durch Professor Carl Vogt, der 1861 die Insel besuchte, Kenntnis erhalten. Die holländische Segelanweisung beschreibt diese Inselstrecke folgendermafsen; „Dieser Strand wird die grofse Holzbucht genannt, weil man da vieles verfaultes Holz findet. Nahebei liegen verschiedene flache Berge aus schwarzer Erde und wenig Gestein; dies ist der schmalste Teil des Landes.“ An den gegen Süden liegenden Bruchrand dieser Berge schliefst sich eine Lavaterrasse, welcher heutzutage das Lagunenbecken vorliegt, das in einer Ausdehnung von 6 Meilen durch einen 6—8 m hohen Damm von der See abgetrennt ist. „Diese Verbreiterung der Inselmitte läfst sich nicht lediglich auf marine Sedimente und Ablagerungen von

[1] Jan Mayen und die österreichische arktische Beobachtungsstation. 1882—83. S. 61.

Schmelzwasser zurückführen, sondern ist in erster Linie durch eine Bodenerhebung veranlafst worden. Die erwähnte Lavaterrasse liegt überall 2—3 m, stellenweise 10 m über dem Meeresspiegel und weist vielzählige mit dem Bruchrande des Höhenzuges parallele Spalten auf. Loser Sand füllt zum Teil die tieferen Trichter und Klaffungen aus und stellt eine bogenförmige Verbindung zwischen der nunmehrigen Halbinsel „Eierinsel" her und dem Kap Traill, welche zugleich den Innenrand der Lagune bildet. Der Lagunendamm wurde allmählich aufgeworfen und zwar dort, wo die holländischen Karten Ankerplätze für Schiffe verzeichnen. „Allwinterlich werden an dieser Stelle durch die häufigen Südostwinde, durch die Eispressung und die Rollbrandung sandführende Grundeisschollen aufgetürmt; diese setzen dem Flugsande, den die Nordwinde ins Meer wehen würden, eine Barriere entgegen; tritt nun Tauwetter ein, so schmilzt zwar allmählich das auf dem Damme aufgestapelte Eis, aber der Sand wird von dem rösterwerkartig angeschwemmten Treibholze zurückgehalten, das auf diese Weise im Laufe der Jahre zum Aufbau und zur Festigung des Dammes beigetragen hat. Im Jahre 1817 sah Scoresby die Eierinsel noch vom Lande abgetrennt. Er benannte die ihr gegenüberliegende Spitze „Kap Broderick" und zeichnete zwei unterseeische Bodenwellen in die Karte, welche sich landwärts ziehen und als Anfänge der später immer rascher fortschreitenden Isthmus- und Lagunenbildung zu betrachten sind."

Eine eigentümliche Lagunenbildung zeigt auch die Moffen-Insel[1] (Spitzbergen): „Nach Philipps[2] soll diese Insel noch gar nicht lange existieren, weil sie von keinem der alten Seefahrer genannt wird, sondern sie soll erst allmählich durch die sich hier begegnenden Strömungen aufgeworfen worden sein. Sie ragt nur wenige Fufs über die Meeresoberfläche hervor und hat eine rundliche Gestalt mit einer Lagune in der Mitte, die nach Norden zu mit dem Meere in Verbindung steht."

Über die Lagunen an der Nordküste Sibiriens schreibt Nordenskiöld[3] [4]: „Das Ufer besteht hier (70° n. Br., 176° ö. L.) aus einem niedrigen Sandwall, welcher sich zwischen dem Meere und einer kleineren, beinahe in gleicher Höhe damit gelegenen, seichten Lagune oder Süfswassersee hinzieht", und an einer anderen Stelle:

---

[1] Pet. Geogr. E. G. VI, S. 41.

[2] Philips, Reise nach dem Nordpol, S. 41.

[3] Nordenskiöld, Die Fahrt der Vega, S. 345, 393.

[4] Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Vega-Expedition, S. 645.

„Das naheliegende Land bildet eine weite, stellenweise wellige Ebene. Den gröfsten Teil der Ebene nehmen Lagunen ein, die durch vom Eis- und Wogenandrang gebildete Sandwälle vom Meere getrennt sind."

Ganz ähnlich sind die Lagunenbildungen an der Nordküste Amerikas. Ein Beispiel möge dieselben charakterisieren. Das Kap Barrow[1], welches in eine sandige Spitze ausläuft, hat zwischen sich und dem Festlande eine circa drei englische Meilen lange, niedrige, sandige Bank von 40—50 Yard Breite, über welche bei Westwind die See hereinbricht. Nach Süden und Westen erhebt sich das Land allmählich. Zahlreiche Seen und Lagunen bedecken diesen Küstenteil. John Franklin[2], der im Boote den westlich vom Mackenziefluſs gelegenen Teil der Nordküste des amerikanischen Kontinents befahren hat, erzählt von dem „niedrigen, flachen Strande, der viele kleine mit Weiden umgebene Seen enthält, die so untief seien, daſs sie sich nur mit einem Baidar befahren lassen." Dr. Richardson, der Begleiter John Franklins, giebt eine ganz ähnliche Schilderung von der Küste östlich des Mackenzieflusses bis zum Kupferminenfluſs. Interessant ist ein Bericht des Dr. Richardson über die Küstengegenden bei 69° 38′ n. Br. und 132° 18′ w. L. „In der Nachbarschaft der Tokerspitze, sowie überhaupt östlich von der Streitspitze besteht das Land durchgehends aus ebenen Sandflächen, in denen sich Seen befinden, die mit dem Flutbette des Flusses kommunizieren. Aus diesen Ebenen steigen viele kegelförmige Hügel von 1—200 Fuſs Höhe jählings auf. Diese sind zuweilen vom Wasser unterwaschen und an solchen Stellen sieht man, daſs sie aus Sand von verschiedener Farbe bestehen, in welchem sehr groſse Blöcke Treibeis eingelagert sind. Sie sind mit ½—1 Fuſs starken Schicht schwarzer Dammerde bedeckt, welche beweist, daſs sie sich nicht aus der neuesten Zeit herschreiben, wiewohl sie einst aus Flugsand entstanden sein dürften. Gegenwärtig reichen die höchsten Fluten nur bis an den Fuſs dieser Hügel, wo sie eine starke Schicht Treibholz absetzen." Ebenso interessant ist die Beschreibung der Insel Iglulik, deren Entstehung durch „Indiehöheschichten" bereits in einem früheren Abschnitt behandelt worden ist. Hier sei nur noch auf Kapitän Lyons[3] Schilderung derselben hingewiesen, der sie einen „ungeheuren Morast oder Sumpf" nennt, der „voll von Seen" ist.

---

[1] Report on the international Polar expedit. S. 22.

[2] Zweite Reise des Kapitän John Franklin an die Küsten des Polarmeeres S. 184, 207, 228.

[3] Captain Lyons Private Journal. 1823. S. 446.

Es sei endlich noch einer Bemerkung Dr. Bunges[1] gedacht, die sich auf die Salzwasserseen der Fadejew-Insel bezieht: „Die nach Norden sich erstreckende Halbinsel verflacht sich nach Osten immer mehr und endigt als Sand-, d. h. als zeitweilig überschwemmtes Flachufer. Die Niederung selbst ist mit kleinen Salzwasserseen besetzt."

III.

DIE TRANSPORTATIONSTHÄTIGKEIT DES TREIBEISES.

Infolge seines festen Aggregatszustandes und seines geringen spezifischen Gewichts, welches kleiner ist als das seiner Mutterlauge, aus der es auskrystallisiert, besitzt das Treibeis die Fähigkeit, feste Körper, die im Wasser nicht schwimmen würden, auf seinem Rücken zu tragen. Bedenkt man nun, welche gewaltige Ausdehnung der Verbreitungsbezirk des Treibeises besitzt, daſs es nicht als stabile Fläche sich über das Eismeer spannt, sondern durch Strömungen und Winde getrieben in einer fortwährenden Bewegung sich befindet und ungeheure Reisen zurücklegen kann, daſs es in Form von Eisbergen oder groſsen Hummocksmassen eine auſserordentliche Tragfähigkeit zu entwickeln vermag, so wird man wohl glauben dürfen, daſs das Treibeis als Transportmittel im Haushalte der Natur eine wichtige Rolle spielen muſs. Der Vollständigkeit halber sei hier eingeschaltet, daſs die Tragfähigkeit des Treibeises in bemerkenswerter Weise erhöht werden kann, wie uns Dr. Rink von den grönländischen Eisbergen berichtet. „Die Hauptmasse, welche die gröſseren Eisberge ausmacht, ist ein weiſses Eis, welches bei genauer Prüfung ganz und gar von sehr dünnen, länglichen oder linealen Luftbläschen durchzogen ist. Dieselben liegen parallel zu einander und vermindern nach (Helland) sein spezifisches Gewicht auf 0,886." Es wird dadurch bewirkt, daſs ein Eisberg nicht bloſs mit $^1/_7$, sondern mit noch mehr seiner Masse über die Wasserfläche emporragt. Bestimmt man durch Schätzen die durchschnittliche Gröſse eines grönländischen Eisbergs, so kann man mit Hülfe der obigen Zahlen die Tragfähigkeit eines solchen Durch-

[1] Petr. Geogr. Mitt. 1888, S. 46.

schnittsberges berechnen. Derartige Zahlen haben den grofsen Wert, dafs sie schlagender beweisen, als es Worte vermögen. Leider reichen die Beobachtungen nicht so weit, um derartige mittlere Gröfsen aufstellen zu können.

In einer dreifachen Beziehung kann sich diese neubildende Thätigkeit des Treibeises äufsern: erstens in einer geologischen Umgestaltung, zweitens in der Verbreitung vegetabilischer Organismen, endlich in der Erweiterung des Verbreitungsbezirks der polaren Tierwelt. Ehe wir indefs zu dieser neubildenden Thätigkeit selbst übergehen, wollen wir in kurzen Zügen ein Bild von den Vorgängen entwerfen, welche das Beladen des Eises herbeiführen.

1. DAS BELADEN DES TREIBEISES.

a. Bei seiner Erosionsthätigkeit und durch Einfrieren von Gegenständen.

Der Vorgang des Beladens mit Bodenmaterial geschieht zumeist bei seiner Erosionsthätigkeit, bei seiner schleifenden, aufwühlenden, abreifsenden Thätigkeit an den Küsten, wie auf dem Meeresgrunde in allen Formen seines Vorkommens als Eisfufs, gestrandetes oder treibendes Eis. Das „Plus" an Masse und Gewicht entzieht es dem Boden, auf dem es gesessen, oder der Küstenwand, an der es gehangen hat. So lange es diese Last trägt, übt es seine Transportationsthätigkeit aus. In dieser Zeit ist seine Fracht, seien es Felsen, Steine, Geröll, Sand, Lehm oder Schlamm, der Lithosphäre entzogen; für diese Zeit gehört sie als ein eigentümliches Merkmal der Hydrosphäre an. Erst wenn sich das Eisflofs seiner Belastung entledigt, und dieselbe infolge ihrer spezifischen Schwere zu Boden sinkt, nehmen wir diesen Vorgang als eine Ausscheidung wahr; der Ort des Niedersinkens erfährt eine Zunahme, und von diesem Moment an beginnt eine Neubildung der Lithosphäre an jener Stelle.

Über diesen Vorgang des Beladens bei Erosion lesen wir bei Nares[1]: „Ein Stück schweren Eises, nicht weit vom Bug des Schiffes entfernt (Floeberg Beach, Nordküste des Grinnell-Landes), wurde vergangenen Herbst vollständig übergedreht, indem es den Teil, der auf dem Grunde geruht hatte, der Ansicht preisgab; es zeigte richtige Aushöhlungen und Furchen auf seiner Oberfläche und einige eingebettete, eisgeschrammte Steine bewiesen, dafs Hummocksberge oder

[1] Nares II, S. 267, 371.

gestrandetes Eis auf dem Meeresboden hinschleifen und auf Stein oder Felsen Schrammen oder Rinnen ähnlich den durch die Gletscher verursachten hervorbringen." Markham, ein Mitglied der Nares'schen Expedition, berichtet von einer derartigen Befrachtung folgendermafsen[1]: „Eine Reihe ganz schmutzig gefärbter Hummocks dehnte sich entlang der Kante einer Scholle aus (— er befand sich gerade auf seiner nordischen Schlittenreise 80° 10′ 30″ n. Br., 63° w. L. —); bei Prüfung dieser Mifsfärbung fanden wir als Ursache Schlamm oder Thon. Es schien, als ob diese Seite der Scholle gegen die Küste gerieben habe, oder in irgend einer Weise mit der Küste in Berührung gewesen sei." Bei De la Beche[2] lesen wir Genaueres über das Beladen von Eisbergen mit Sand, Schlamm und Gesteinsstücken, indem die Eisberge erst am Meeresboden hängen bleiben und dann plötzlich umgedreht werden. So liest man in diesem Werke, dafs „Rofs in der Nähe von Victoria-Land einen Eisberg sah, der plötzlich umstürzte und einen Teil des Grundes 100 Fufs über die Oberfläche des Meeres brachte, so dafs man ihn für eine Insel hielt."

In den Fjorden Südamerikas, im Golf von Peñas (46° 40′ s. Br.) z. B., hat Darwin denselben Vorgang beobachtet. Auch hier reichen Gletscher bis ans Meeresniveau und stofsen fortwährend ihre Enden ab, die schuttbeladen in den hiesigen Fjorden herumschwimmen.

Siehe auch „Brodbeck, Nach Osten." S. 66. Ferner: „Hans Egede Saabye, Bruchstücke eines Tagebuches, gehalten in Grönland, in den Jahren 1770—78." S. 3.

Sir Alexander Mackenzie[3], der am 10. Juli 1789 den Mackenzieflufs entlang fuhr, entdeckte an den Ufern der Mündungsarme dieses Flusses „Wände von Eis, in denen man Adern mit schwarzer Erde bemerkte". Wahrscheinlich war es Eis, welches sich hier gebildet hatte und ein Gemisch von Schlamm und Eis darstellt; vielleicht hatte auch das Sommertauen Schlammbäche über das an der Küste entstandene Eis hinweggeführt und auf diese Weise das Beladen herbeigeführt.

In charakteristischer Weise trägt der Eisfufs, wenn er sich losgelöst hat und in See treibt, seine Last. Es ist oft ein Gemenge aus Erde und Eis, seiner Bildung entsprechend. Sonst zeigt das Treibeis meist nur an der Oberfläche schmutzige Bestandteile und ist

---

[1] Nares, II, S. 267, 371.

[2] A. a. O. S. 216.

[3] Zweite Reise des Kapitän John Franklin an die Küsten des Polarmeeres S. 207.

im Innern klar und rein. Im Sommer während des Tauens sinken die dunkeln erdigen Bestandteile immer tiefer ein; infolge der gröfseren Absorptionsfähigkeit der Sommerwärme nämlich schmilzt die nächste Umgebung eines Geröllstückes schneller, als die blendend weifsen, reinen Flächen der Eisunterlage. So sinkt es immer tiefer in das Eis ein, eine mit Wasser gefüllte Röhre über sich lassend, die im nächsten Herbst wieder zufriert, und so kommt es, dafs bisweilen Felsenstücke tief im Innern einer Hummocksmasse gefunden werden können.

Es mag an dieser Stelle gestattet sein, eine besondere Form der Befrachtung von Eis zu erwähnen, die eigentlich in ein späteres Kapitel gehört, da sie sich auf im Meere schwimmende Gegenstände, und das sind vegetabile und animale Organismen, bezieht; es ist die durch Einfrieren herbeigeführte Belastung des Eises. Im Winter oder vielmehr schon im Herbst, wenn die Jungeisbildung wieder beginnt, wird es oft geschehen, dafs besonders an Küsten Meerespflanzen und -Tiere im neuen Eise einfrieren und im nächsten Sommer bei starkem Eisgang in unbekannte Länder und Gegenden mitgeführt werden. Dieser Vorgang wird erklärlicher, wenn man bedenkt, dafs die Ausscheidung der Eiskrystalle an festen Gegenständen, die vom frierenden Wasser umgeben sind, eher stattfindet, als in der reinen Flüssigkeit selbst. In diesen Abschnitt des Einfrierens gehört eigentlich auch die Art des Beladens, wie es der Eisfufs bei seiner Entstehung vollführt, und wie es schon im ersten Kapitel dieser Arbeit betrachtet worden ist. Ein Beispiel hierzu liefert Bessels[1], der in der Davis-Strafse auf einen schmalen Gürtel Treibeis stiefs, „in welchem sich zahlreiche hohe Schollen befanden, die teils schmutzig gefärbt, teils mit Grus und Steinen bedeckt waren; wahrscheinlich von der nahen Küste kommend, unter deren Schutz sie sich wohl gebildet hatten“. Ein anderes Beispiel hierzu liefert Wrangel[2], wo er die Beschaffenheit der Torosse an der nordasiatischen Küste bespricht. Er unterscheidet Torosse alten und neuen Bruches, die in Bezug auf ihre Geröllbefrachtung einen wesentlichen Unterschied zeigen. Während er die Farbe der ersteren in der Regel als „schmutzig, stellenweise grau, oft mit Lehmerde gemischt, auch oft als ein unbestimmtes Dunkelblau“ bezeichnet, spricht er diese Haupteigenschaft den „Torossen neuen Bruches“ ab, indem er aber hinzufügt: „So rein die Farbe der Torosse neuen Bruches in der Regel ist, so trifft man doch zuweilen Schollen mit

[1] **Bessels**, Die amerikanische Nordpol-Expedition, I, S. 49.
[2] **Parrot**, Physikalische Beobachtungen des Baron v. Wrangel, S. 16.

trüber Farbe, wenn sie an seichten Stellen entstanden sind, wo die Bewegung des Meeres den Grund aufrührte, indessen das Wasser gefror."

b. Beladen des Eises durch Winde.

Sehr häufig finden wir den Boden der Polarländer, wenn er nicht mit Schnee oder Eis bedeckt ist, von geröllartigem Charakter. Die vielen Winde und furchtbaren Stürme führen ihrer Vehemenz entsprechend Bodenteile mit sich fort. Nach der Küste zu treibend lagern sie ihre mitfortgerissene Last auf den weiten Eisflächen des Meeres nieder. Besonders an Orten mit starker Küstenböschung, wo grofse Schneemassen durch ihren Druck lawinenartige Abstürze bereiten können, oder an Orten mit fjordartiger Küstenbildung, wo besonders heftige Thalwinde jahraus jahrein wehen, findet man das Eis meilenweit in die See hinaus mit den sie begleitenden leichteren Bodenbestandteilen bedeckt, deren Gewicht und Menge vom Ort des Ursprunges aus graduell abnimmt. Über eine solche Eisbefrachtung schreibt einmal John Rofs[1]: „Eine Eislawine mit Felsentrümmern und Wasser vermischt, stürzte von den Bergen auf die See nieder, brach das flache Eis bis zu einer grofsen Entfernung und zeigte, wie es kommt, dafs man die Eisberge und Eisfelder oft mit Eistrümmern und Erdschichten bedeckt findet. Diese Lawine zerbrach die glasigen Eisfelder, als wären sie schwache Spiegel, splitterte ihre Trümmer weit und breit mit einem Schlage ärger und mit länger dröhnendem Widerhalle als der Donner, bis wieder alles in die tote eisige Stille seiner früheren Ruhe zurücksank." Von den Fjorden des Baffins-Landes im Cumberland-Sund sagt einmal Dr. Boas[2]: „Infolge der eigentümlichen Gestaltung des Landes herrschen hier jahraus jahrein sehr heftige Winde, die ihren Einflufs selbst auf den Charakter des Eises ausüben. Im Herbste stürzen die Böen mit solcher Gewalt von den steilen Bergen herab, dafs die schwache Eisdecke dem Drucke nicht widerstehen kann und aufgebrochen wird .... Von der unglaublichen Gewalt der hier herrschenden Stürme legt auch die Farbe des Eises Zeugnis ab, da es stets von auf- und eingelagertem Staub und Steinchen gelblich erscheint. In der Mitte des breiten Fjordes fand ich Steine von etwa 5 ccm Inhalt, die nur durch die Wirkung des Windes vom Lande aus hierher getragen sein konnten." Dieselbe

---

[1] Zweite Entdeckungsreise, II, Cockburn-Land westl. Admiralty-Inlet.
[2] Geogr. Mitteil. E. B. XVII, S. 13.

Erfahrung machte Nares[1] an der Nordküste des Grant-Landes bei Floeberg-Beach und im Robeson-Kanal: „Infolge der Befreiung des Landes vom Schnee ist der Staub vom Winde weggetragen worden und hat alle Hummocksberge schmutzig gefärbt. Dies begründet augenscheinlich das staubige Sediment, welches auf dem Boden der Wasserpfützen, die sich auf der Oberfläche der Schollen bilden, sich absetzt, und der Umstand, dafs es tief ins Eis einfriert.“ Bei demselben Gewährsmann[1] finden wir noch folgende interessante Mitteilung, die er über die nämlichen Gegenden macht: „Gelegentlich wurden Niederschläge von atmosphärischem Staub in ganz geschichtetem Eise angetroffen, bisweilen wie sehr kleine Punkte ausgestreut, welche, wenn geprüft, bewiesen, dafs sie Luftzellen voll allerfeinsten Staubes waren. Ähnlicher Staub wurde auf der Oberfläche der Schollen gefunden, gelegentlich sehr prächtig gefärbt durch das Wachsen einer Alge, die von Prof. Dickie als Nostoc aureum identificiert worden ist.“ Wenn auch meist nur in sehr geringen Mengen, kaum der Beobachtung und Rede wert, staubförmige Massen auf dem Eise angetroffen werden, demselben oft nur eine leise Farbenänderung ins Gelbliche oder Graue verleihend, und durch diese Farbenänderung sich bemerkbar machend, so spielen sie doch im Haushalte der Natur eine bedeutende Rolle, und drängen dem Forscher den Schlufs bedeutenderer Massenverschiebungen in der Lithosphäre auf, als man von vornherein anzunehmen geneigt ist, wenn man nicht blofs an einem winzigen Fleck von einigen hundert Quadratmetern Beobachtungen über die Staubbedeckung des Eises macht, sondern die vielen Tausende von Quadratmeilen der Eisbedeckung in Betracht zieht, und weiter berücksichtigt, dafs nicht nur Jahrhunderte, sondern Jahrtausende lang derselbe Prozefs sich jährlich abspielt, durchschnittlich wohl dieselbe Menge Staub jährlich verfrachtet wird und dafs im Laufe von Jahrtausenden diese Menge eine ganz beträchtliche Gröfse erreichen kann. Gerade derartigen allmählichen, und, wenn an einem Orte nur beobachtet, nicht einmal beachtenswert scheinenden Vorgängen in der Natur verdanken die meisten grofsartigen Naturwerke ihre Entstehung. Das Sprichwort „steter Tropfen höhlt den Stein“ ist hier so recht am Platze. Nicht sehr lange ist es her, dafs die Geologie und Geographie den Begriff der „Stetigkeit“ verwerten. Die „Stetigkeit“ der meisten Naturvorgänge ist die Ursache der grofsartigsten Veränderungen unserer Erdoberfläche.

---

[1] Nares, II, S. 149, 61.

Über die Staubbedeckung des Eises und die dadurch hervorgerufene dunklere Färbung, die man früher in einer Änderung der molekularen Beschaffenheit des Eises suchte, sagt Karl Weyprecht: „Allzu grofses Gewicht darf man der dunklen Färbung des Eises unserer Umgebung für den Vergleich nicht beilegen, denn die Oberfläche des Eises verliert auch unter normalen Verhältnissen mit dem Alter von ihrem ursprünglichen reinen Weifs. Wenn auch noch so wenig, setzt die Luft doch immer vom Winde zugeführte geringe Quantitäten Staub ab, die sich im Laufe des Jahres und der Jahre sammeln und der im Sommer schneefreien Oberfläche eine dunklere schmutziggelbe Färbung verleihen."

c. Beladen durch geröllführende Flüsse und Ströme.

In der Zeit des Tauens wird besonders an der Mündung von Thälern nach dem Meere zu eine grofse Schuttablagerung sowohl auf dem Eisfufs, als auch auf den vorüberschwimmenden Eisschollen durch die mit grofser Heftigkeit und grofsem Geröllreichtum herabkommenden periodischen Sommerströme der Polarländer stattfinden. Auch an der Mündung perennierender Flüsse ist dieser Vorgang beobachtet worden, so an den Mündungen der meisten sibirischen Flüsse. Hahn[1] schildert ihre Thätigkeit mit den Worten: „In den Tundren und Felsthälern des nördlichen Sibiriens reifst der Frost tiefe Spalten in den Boden, mächtige Felsstücke werden von den Abhängen abgesprengt. Ein grofser Teil dieser Trümmer gelangt durch die zahlreichen, massenhafte Sedimente führenden und häufig ansehnliche Deltas erbauenden Flüsse und Ströme in das Meer, wird auf dem Boden desselben ausgebreitet und durch Strömungen verteilt. Andere Geröllmassen gelangen mit den Eisschollen der Flüsse und durch die zahlreichen Gletscher in das Meer." Über das Herunterwaschen von Geröll durch Schmelzwasser berichtet Nares[2]: „Nach der Formation zu urteilen, welche wir später im Sommer beobachteten, als der frühe Tau die obere Schneekruste in Eis verwandelte, über welche die Sommerströme später Sand und Steingeröll niederlagerten, ist es wahrscheinlich, dafs die ganze Küstenlinie zwischen den Küstenhummocks und dem hohen Lande eine Kombination von beiden und in ähnlicher Weise gebildet ist; so traf z. B. in der Nähe von Kap Colan Lieut. Aldrich

---

[1] F. G. Hahn, Inselstudien, S. 65.

[2] Nares, II, S. 11, 55.

solches Eis, bedeckt mit Geröll oder Schlamm. Beides ist jedenfalls von den Bergen heruntergewaschen.“ An einer anderen Stelle schreibt Nares[1]: „Bergströme mit Schutt, Schlamm, Gerölle stürzen von den klippigen Ufern herab. Das Wasser derselben, wenn es mit den Hummocksbergen in Berührung kommt, rundet die Oberfläche der Schollenberge ab, auf denen es sich ausbreitet und ein dickes horizontales Lager abgerundeter Steine absetzt, welche es aus den höheren Gebieten heruntergeführt hat. Wir hatten vorher angenommen, dafs die von uns angetroffenen Steingeröllwälle einen Teil der wirklichen Küste bilden; aber die Tidenbewegung hat letzthin einige der Eisstücke umgekippt und so das niedrigere Lager unter der Gerölldecke offen gelegt. Indem die Hummocksberge durch das Wegschmelzen der ursprünglichen Oberfläche erleichtert werden, müssen viele von ihnen nach der See zu weggespült werden, sobald das Eis aufbricht, indem sie ihre Ladung abgerundeter Steingerölle mitnehmen.“ Über die Entstehung der Schmutzdecken des Eises an der Mündung der grofsen sibirischen Ströme lesen wir bei Nordenskiöld[2]: „Der Thongehalt des Wassers nimmt hier zu; es ist, als ob man in Thonschlamm segelte. Das Eis, zwischen welchem wir gestern hinsegelten, rührte wahrscheinlich von den Buchten des Ob, Jenissei oder Pjäsina her. Seine Oberfläche war schmutzig, nicht rein und weifs wie die Oberfläche des Gletscher- und Meereises, welches nie mit Land oder trübem Flufswasser in Berührung gekommen ist. Aufserhalb der grofsen Flüsse ist nämlich das Eis häufig, wenn der Schnee fortgeschmolzen ist, mit einem gelben Thonlager bedeckt. Diese Thonerde besteht offenbar aus Schlamm, welcher mit dem Flufswasser herabgespült und nachher von dem Wogenschwall auf das schneebedeckte Eis geworfen worden ist. Das Schneelager versieht den Dienst eines Siebes und scheidet den Schlamm wieder aus dem Wasser, welches deshalb nach dem Schmelzen des Schnees auch auf wirklichem Meereis ein Schneelager bilden kann, das die Überreste einer Menge kleiner Organismen enthält, welche sonst nur im Süfswasser leben.“ Sogar kleine Schneebäche, die den Küstenabhang herunterrinnen und über die Schnee- und Eisdecke der Küste sich ausbreiten, vermögen im Laufe des Sommers beträchtliche Mengen Schlamm und Schutt auf das Küsteneis zu verfrachten. Dann kann ein heftiger Schneefall eine neue Schicht Schnee darüberbreiten, der sich allmählich nach dem Vorgang der Gletschereisbildung in Eis verwandelt; es folgen

---

[1] Nares, S. 11, S. 11, 55.

[2] Nordenskiöld, Die Fahrt der Vega, I, S. 162.

wieder Schlammablagerungen u. s. w., und so kann es kommen, dafs im Laufe der Jahre unter günstigen Verhältnissen eigentümliche Küsteneisbildungen vor sich gehen können. Dumont d'Urville[1] traf einmal in der Nähe des von ihm entdeckten Louis-Philippe-Landes eine 24 m hohe und 280 m lange Eisscholle, „welche von grüner erdiger Farbe eine Mischbildung aus abwechselnden Lagern von Eis und Erde anzudeuten schien“ und offenbar vorher an einer Küste festgehangen hatte. Dr. Richardson[2] machte eine ähnliche Beobachtung an einer Insel an der Nordküste Amerikas östlich des Mackenzieflusses und schildert dieselbe folgendermafsen: „Die steilen Uferwände dieser Insel waren etwa 40 Fufs hoch, und der Schnee, welcher sich während des Winters unter denselben angehäuft hatte, war mit einer Eiskruste bedeckt, die sich in schräger Richtung bis zu etwa $^2/_3$ der Höhe des Ufers hinaufzog. Diese Art von Eisberg war von den Wellen unterwaschen, so dafs sie blofs durch ihren Zusammenhang mit der hinter ihr stehenden Uferwand gestützt wurde. An manchen Stellen waren grofse Massen abgefallen, während an anderen die durch den schmelzenden Schnee entstehenden kleinen Bäche das Eis mit einer dicken Erdschicht belegt hatten, so dafs es auf den ersten Blick den Anschein hatte, als ob ein Teil des Ufers herabgerutscht sei. Die wahre Beschaffenheit des Eisbergs konnte man nur da bemerken, wo Spalten vorhanden waren. Die vom Lieutenant Kotzebue in seiner Reise nach der Behringsstrafse erwähnten gefrorenen Ufer oder mit Erde bedeckten Eisberge dürften auf ähnliche Weise entanden sein. Wäre die ganze Masse gefrorenen Schnees von diesem Ufer losgeborsten, so würde sie einen Eisberg gebildet haben, der an der Basis über 30 Fufs breit und an der einen Seite über 1 Fufs oder darüber hoch mit schwarzer Erde bedeckt gewesen wäre. Die Insel bestand aus Sand und Thonschiefer und war bei 1 Fufs Tiefe noch fest gefroren.“

In ausführlicher Weise, wohl in der ausführlichsten aller Darstellungen, die ich über das Beladen von Treibeis mit Geröll u. s. w. bisher gelesen habe, hat Hall[3] das Vorkommen von erratischem Material auf Treibeis geschildert und auch zu erklären versucht. Der betreffende Abschnitt in Halls Narative of the 2nd arctic Expedition

---

[1] Dumont d'Urville, Voyage au Pole Sud, II, S. 327, Note 115.

[2] Zweite Reise des Kapitäns John Franklin an die Küsten der Polarmeers, S. 242.

[3] Hall, Narrative of the 2nd arctic expedition. Ed. by Nourse. Washington 1879, p. 193—198: Halls notes on finding rocks and débris on the ice.

ist zu umfangreich, als dafs er seinen Platz finden könnte, aber zu wichtig, um unerwähnt zu bleiben.

d. Beladen durch herabrollendes Trümmergestein an stark geböschten Küsten.

An allen Steilküsten polarer Landgebiete findet im Sommer ein fortwährendes Loslösen erdiger und felsiger Teile statt, die man immerfort auf den Geröllabhang aufschlagen hört, wenn man an einer dieser Küsten entlang wandert, wobei man Gefahr läuft, von den bisweilen ganz bedeutenden Felsenstücken totgeschlagen zu werden. Eine schöne Schilderung dieser enormen Erosionsthätigkeit besonders im Sommer giebt einmal Nares[1] von den Klippenküsten des Grantlandes und Nordgrönlands: „Während des durch die kurze Zeit der Erwärmung hervorgebrachten Tauens, welche in den arktischen Regionen den Sommer anderer Länder darstellt, findet eine Denudation der Klippen in einem grofsartigen Mafsstabe statt. Ungeheure Felsmassen stürzen von den Abhängen und bilden eine Böschung, welche ihre Basis verbirgt. Am Schlusse des vorübergehenden Sommers sind die Felsen mit Feuchtigkeit gesättigt; gespaltenes Schiefergestein und das lose Material bildet das Gerölle, welches mit Wasser bis zur äufsersten Aufnahmefähigkeit quasi überladen ist; ohne warnende Anzeichen oder eine allmähliche Annäherung erscheint der Winter, und das Antlitz der Natur wird in wenig Stunden geändert. Feuchtigkeit und laufendes Wasser werden in Eis verwandelt, welches durch Ausdehnung eine zerstörende Wirkung auf die Felsen ausübt, was kaum mit der durch die Atmosphärilien bedingten Erosion vergleichbar ist, die in gemäfsigteren Klimaten vor sich geht; und bei dem ersten Eintreten des Tauens werden Felsmassen, nachdem sie an den schwachen Stellen, wo sie mit der Unterlage verbunden sind, sich losgelöst haben, von dem Abhang herabgeführt und stürzen auf die schneebedeckten Geröllböschungen und rollen hinab bis zum Eisfufs, indem dieses Bewegungsmoment oft genügt, sie bis auf die Eisfläche selbst zu treiben, wo sie liegen bleiben, bis sie bei dem allgemeinen Aufbrechen des Eises seewärts geführt werden." Ein ähnliches Beispiel berichten die schwedischen Expeditionen[2] nach Spitzbergen und Bären-Eiland von den Küsten der Hinlopen-Strafse: „Frost, Eis und Wasser sind in

[1] Nares, II, S. 340.
[2] Die schwedischen Expeditionen u. s. w., S. 155.

dauernder Thätigkeit, um die Gebirge zunächst an den Küsten zu zerstören. Fortwährend finden Bergfälle, oft sogar bedeutende, statt. Eine ungeheure Steinmasse stürzt dann mit Donnergetön ins Meer, zum Teil von den Treibeisfeldern in andere Gegenden geführt." Dr. Pavy, ein Mitglied der Greely-Eypedition[1] schildert ähnliche Vorgänge bei Kap Rawson: „Der Eisfufs war bedeckt mit grofsen und kleinen Steinen, die von den Klippen herniederfielen. An der Stelle, wo unser Zelt stand, lagen schwere Stücke Schiefer. Von Kap Union bis Floeberg-Beach sind Reisegesellschaften an windigen Tagen fortwährend dem Niederstürzen der Projektile von diesen zerklüfteten Gipfeln ausgesetzt." Bei Greely[2] lesen wir ferner in seinem Werke „Drei Jahre im hohen Norden" ganz dasselbe in Bezug auf die Küsten des Chandler-Fjords und des Kap Black. Er schreibt: „Wie gefährlich das Reisen an der Küste war, konnte man daraus ersehen, dafs unsere Reisenden, als sie nach Kap Black zurückkehrten, um eine zweite Ladung Vorräte zu holen, nicht nur die zurückgelassenen Provisionen mehrere hundert Schritt weit umhergestreut fanden, es waren auch von den Uferfelsen während eines heftigen Sturmes zahlreiche Steine auf den Eisfufs herabgestürzt, und wo ihr Zelt gestanden hatte, lagen mehrere grofse Schieferblöcke." Und in Bezug auf den Chandler-Fjord: „An einer Stelle unterbrach eine schmale Kluft, anscheinend nicht über 100 Fufs breit und über 1000 Fufs tief, den Zusammenhang der Felswand. Es würde sehr gefährlich gewesen sein, am Fufs dieser Felsen das Lager aufzuschlagen, denn der Eisfufs war überall mit herabgestürzten Steinen bestreut. Während wir vorbeizogen, fielen mehrere Felsmassen Hunderte von Fufs herab, bis sie am Rande der Küste auf dem Eisfufs liegen blieben. An einer Stelle lag ein Felsblock, der mehrere Tonnen wiegen mufste, auf einer grofsen paläokrystischen Scholle eine halbe Meile weit vom Ufer; ich ging hin, ihn zu untersuchen in der Meinung, er könnte vielleicht mit der Scholle wo anders her gekommen sein, aber er war von derselben Formation wie die andern Felsen der Bai." John Rofs, Kane, die zweite deutsche Nordpolexpedition, Hayes, Bessels u. a., sie alle berichten von ähnlichen Vorkommnissen an den steilen Küsten, die sie besuchten.

[1] Greely, Report on the Proceedings etc., S. 172.
[2] Greely, Drei Jahre im hohen Norden, S. 149, 160.

e. Beladen durch Vulkane und vulkanische Asche.

Befinden sich in den Polarländern thätige Vulkane, so ist es bei der ausgesprochenen Inselnatur dieser Landgebiete sehr leicht möglich, dafs bei einem Ausbruch auch die umliegende Eisdecke des Meeres ihren Anteil an der Wirkung erhält. Während die Luft nur die leichten Teile der ausgeworfenen Masse mit fortzuführen vermag, trägt das Treibeis zuweilen die schwersten Felsenstücke des Auswurfs, der Strömung und dem Winde folgend, mit fort. Solche Vulkangegenden giebt es in den arktischen Gebieten nur sehr wenige. Rechnet man auf der Nordhalbkugel die isländischen Vulkane ab, da sie eigentlich nicht mehr in der wirklichen Treibeisregion des Sommers liegen, so ist vielleicht nur jener auf Jan Mayen zu nennen, der aber seit langer Zeit nicht mehr thätig gewesen ist. Anders ist es noch auf der südlichen Hemisphäre. Hier arbeiten heute noch zwei Vulkane, und der Umstand, dafs man von den südpolaren Landgebieten erst wenige und diese noch unvollständig kennt, läfst den Schlufs zu, dafs vielleicht näher dem Südpole noch andere thätige Vulkane existieren, deren feurige Thätigkeit inmitten eisbedeckter und im Eis begrabener Landschaften noch keines Menschen Auge bewundert hat. Die oben erwähnten zwei Vulkane sind der von James Clark Rofs[1] im Victoria-Land entdeckte „Erebus“ und das vulkanische Gebiet der Süd-Shetlands-Gruppe, Deception-Island. In der Nähe des ersteren traf Rofs[2] eine grofse Menge Eis (brash-ice) „von einer bräunlichgelben Farbe“. Von demselben sagt er: „Etwas von demselben wurde gesammelt und unter ein starkes Mikroskop gebracht, aber wir waren nicht imstande, die wahre Natur des färbenden Stoffes zu erkennen; von den meisten von uns wurde er für die feine Asche vom Mount Erebus gehalten, der nicht mehr als 80 Meilen von uns entfernt war.“ Die Deception-Insel schildert Hahn[3] mit folgenden Worten: „Sie ist ein prächtiges Beispiel einer hufeisenförmigen Vulkanruine, Santorin und Monte Colibre vergleichbar. Der gröfste Teil der Insel besteht aus abwechselnden Schichten von vulkanischer Asche und Eis, als ob der Schnee der einzelnen Winter durch Überdeckung mit einer Aschenschicht vor dem Schmelzen bewahrt geblieben wäre. Wenigstens 150 Öffnungen, aus denen mit zischendem Geräusch

[1] Rofs' Southern Regions, I, S. 216.
[2] Ebenda I, S. 243.
[3] Hahn, Inselstudien, S. 75.

Dampf ausströmt, bezeugen hinlänglich, dafs die vulkanische Thätigkeit hier noch nicht abgeschlossen ist.“ Es ist klar, dafs Eis, welches von dieser Insel in Form von Eisbergen abgestofsen wird, seine Aschendecke weit forttragen kann und für diejenigen Gebiete, wo es seine Last absetzt, eine Komponente der Bodenbildung wird.

2. ÜBER DEN TRANSPORTATIONSVORGANG SELBST.

Würde das Eis an der Stelle, wo es seine Last empfängt, sich derselben wieder entledigen, so könnte und brauchte man von einer Transportationsthätigkeit desselben kaum zu sprechen, auch dann noch nicht, wenn es diese Wirkung nur auf kurze Zeit und kurze Strecken ausüben würde. Aber gerade das Faktum, dafs geröllbeladenes Treibeis in meilenweiter Ausdehnung, viele Hundert Meilen von dem nächsten Lande entfernt, angetroffen worden ist, dafs diese Transportation eine regelmäfsig stattfindende Erscheinung ist, dürfte die Wichtigkeit der Treibeisthätigkeit in der Verfrachtung und Neuablagerung ganzer Bodenstrecken zur Genüge beweisen. In der That spielt das Treibeis nicht blofs als erodierender Faktor, sondern auch als Transporteur eine bisher vielleicht wenig beachtete, aber äufserst wichtige Rolle in der Veränderung der Bodenverhältnisse auf der Erdoberfläche. Während seiner Funktion als Transportmittel macht das Eis die eigentümlichsten Veränderungen durch. Als ein Produkt nordischer Gegenden wird es in den nach Süden gerichteten Polarströmen der nördlichen Hemisphäre in niedere Breiten geführt und schmilzt unterwegs immer mehr ab, bis es endlich seine Existenz ganz einbüfst. Infolge fortwährender Schwerpunktsveränderungen macht es auf dem Wege die wunderlichsten Drehungen und Wendungen, stürzt bisweilen kopfüber ins Wasser, erhebt sich und schwimmt schaukelnd weiter, um dasselbe Spiel bald wieder zu beginnen. Auf seinem vielfach gewundenen und mit Hindernissen reich ausgestatteten Reisewege stöfst es oft an, strandet auf kurze Zeit, wobei es häufig vorkommt, dafs der hereinbrechende Winter es bis zum nächsten Sommer auf dem Strandorte gefangen hält, und verliert immerfort an Masse. Bei seinem Zusammenstofs mit anderen Eismassen kann es sich bisweilen ereignen, dafs es bei seinem Umkippen einen Teil seiner Ladung dem Andringling abgeben mufs. Und dann findet der Polarfahrer auf letzterem in geologischer Beziehung ganz fremdartige Gesellen bei einander liegen, deren Heimat nicht dieselbe gewesen sein konnte. Ein Beispiel

hierzu liefert Dumont d'Urville[1]. In der Nähe der Daussy-Insel an der Küste von Louis-Philippe-Land bemerkte er eine der eigentümlichsten Eisinseln, die „mit erratischen Blöcken von ungeheurer Gröfse und augenscheinlich verschiedener Formation bedeckt war; ein Zusammenstofs mit einer anderen Eisinsel, die höher war, hatte sie von der letzteren auf die kleinere übergeführt, wenn sie sich nicht schon an der Küste zusammenbefanden, von der sie wegtransportiert wurden" [2].

An dieser Stelle ist es vielleicht am geeignetsten, ein Verzeichnis aller der Orte im Meere anzugeben, wo Treibeis, sei es als Eisfufs, gestrandetes oder treibendes Eis mit erdigen Bestandteilen (Felsen, Erde, Steine, Sand, Geröll, Thon, Schlamm u. s. w.) angetroffen worden ist. Selbstverständlich ist es nur ein sehr schwacher Versuch, einen Verbreitungsbezirk „beladenen Eises" anzugeben, um durch eine graphische Darstellung desselben die Beziehung des Treibeises zu den polaren Landgebieten zu erkennen.

Fundort.	Art des Eises.	Fracht.	Beobachter oder Autor.
	Grönland-See bis 0° O.		
1. König Wilhelms-Land	Küsteneis und Treibeis	Erde, Stein, Schmutz	Koldewey
2. Jameson-Land	Eisberge	Grün- und Mandelstein	Scoresby.
3. - -	Küsteneis	Thonschiefer, Talk	-
4. Kap Brewster (Scoresby-Land)	Eisberge	Granit, Gneifs	-
5. Kap Dan (Ost-Grönland)	2 Eisberge	Schutt	Danell.
6. 66° 51' N. (Ostküste Grönlands)	Eisberg	Schlamm, Kies, Steine	Nansen.
7. 78° 26' N. 2° 17' W.	Treibeis	Erde, Kies.	Nordenskiöld.
	Von 0° bis 30° ö. L.		
8. 79° N., 0° O.	Treibeis	Stein, Grus, Erde	Schwed. Expedition 68.
9. 79° N., 12° O. (Kingsbai Spitzbergen)	Gletschereisblöcke	braunroter Thon, Schlamm, Grus	Schwed. Expedition 68.
10. In allen spitzbergischen Baien, wo Gletscher endigen	Gletschereisblöcke	eingelagerte Schichten von Grus und Steinen	Heuglin.
11. Zwischen Spitzbergen und Bären-Eiland	Treibeis	erdige Bedeckung	Schwed. Expedition 64.

[1] Dumont d'Urville, Voyage au Pole Sud, II, S. 227, Note 35.

[2] Siehe ferner: Journal of the Royal Geographical Society, XXIII, S. 153, 526.

	Fundort.	Art des Eises.	Fracht.	Beobachter oder Autor.
12.	Fairhafen bei den Norweger-Inseln (NW. Spitzbergen)	Treibeis	feiner kosmischer Staub	Nordenskiöld.
13.	Walther-Thymen-Str.	-	Erde, Geröll, Trümmer	Heuglin.
14.	Hinlopen-Str.	Eisfelder	Stein, Geröll	Schwed. Expedition
15.	- -	Eisberg	Erde	Nordenskiöld.
16.	81° 45′ 5″ N., 24° 23′ O.	Treibeis	schmutzige, dunkle Flecken	Parry.
		Von 30° bis 70° ö. L.		
17.	79° N., westlich von Gillis-Land	Süfswassereis, Eisberge	Schmutz	Danenhower.
18.	Südlich von Franz-Josephs-Land	Treibeis	dunkel gefärbt	Weyprecht.
19.	Südlich von Franz-Josephs-Land	viele Eisberge	Erde, Schutt	Payer
20.	Teplitzer Bai (Franz-Josephs-Land)	Eisberg	erratisches Granitgeschiebe	-
21.	79° 24′ 5″ N., 61° 16′ 3″ O.	Eisberg	zwei Moränen mit Steinen, Felsblöcken, Kalkschiefer, Thonglimmerschiefer, Schwefelkies	-
22.	79° 24′ 5″ N., 61° 16′ 3″ O.	mehrere Eisberge	Felsen, Steine	-
23.	Schwarzes Kap von Nov. Semlja 75° 22′ N.	mehrere Eisberge	Schutt	-
24.	80° 24′ 56″ N., östlich Franz-Josephs-Land	kl. Eisscholle	Kies	Phips.
25.	Zwischen Ob-Mündung u. Franz-Josephs-Land	Treibeis	Treibholz	Pet. Geogr. Mitt. 1884.
		Von 70° ö. bis 170° w. L. (Sibirisches Eismeer.)		
26.	Ob- Mündung	Treibeis	Schlamm- und Thonlager	Nordenskiöld.
27.	Jenissei- Mündung	Treibeis	Schlamm- und Thonlager	Nordenskiöld.
28.	Pjäsina- Mündung	Treibeis	Schlamm- und Thonlager	Nordenskiöld.
29.	Kap Tscheljuskin	-	Sand, Erde	-
30.	Die darauf folgende asiat. Nordküste bis Ljachow-Insel	Küsteneis	schmutzig	-
31.	70° 50′ N., nördlich vom gr. Baranowfelsen	Torosse	Lehm, Sand, Erde	F. v. Wrangel.
32.	71° 30′ N., nördlich vom gr. Baranowfelsen	-	Lehm, Kies	-
33.	Nördlich der Wrangel-Insel.	Eisschollen	Schlamm	Gilder.
34.	Nördlich der Herald-Insel.	Eis	Muscheln, Schlamm, kleine Holzstücke, Stockfischkopf, Wallfischspeck	Danenhower.

Fundort.	Art des Eises.	Fracht.	Beobachter oder Autor
35. 68° 48′ N., 178° 55′ W.	Eisfelder	Treibholz	Pet. Geogr. Mitt. 1879.
36. 68° N., 176° W.	Grundeisblöcke.	Schmutz, Erde	Nordenskiöld.

Von 170° w. L. bis 90° L.

(Parry-Archipel.)

37. 67° 38′ N., 133° 53′ W., Ufer des Mackenziefl.	Küsteneis	Adern von schwarzer Erde	John Franklin
38. 39. Nordwestküste Amerikas 130° W.	-	Wechselnde Lager von Erde und Eis	Dr. Richardson.
40. 69° 43′ N., 141° 41′ W.	Schollenberg	grofser Kieshaufen	John Franklin
41. Prince of Wales-Str.	Küsteneis	Erde, Steine	Osborn.
42. Melville-Sund (Byam-Martin-Insel)	Treibeis	Sand, Steine, Moos	Parry.
43. Melville-I. (Südküste)	Küsteneis	schmutzig	-
44. Sommerset-House (westl. Admiralty-B.)	Eisfufs, Küsteneis	Felsentrümmer, Geröll	John Rofs.
45. Boothia (Nord-Sommerset)	Küsteneis	schmutzig, Geröll u. Staub.	-

Das Eismeer nördlich von Grant- und Grönland, der Robeson-Kanal bis mit Smith-Sund.

46. 83° 20′ 26″ N. (nördl. von Grant-Land)	Treibeis	Staub, Diatomeen, Algen.	Markham.
47. 83° 10′ 30″ N., 63° W.	Hummocks	Schlamm, Thon	-
48. Kap Union bis Floeberg-Beach	Eisfufs	Steine, Geröll, Felstrümmer, Schieferblöcke	Greely.
49. Floeberg-Beach	Küstenhummocks	Stein, Geröll, Sand	Nares.
50. Nordküste des Grant-Landes	Küsteneis	- - -	Lieut. Aldrich.
51. Chandler-Fjord	Eisfufs	Steine, Felsblöcke	Greely.
52. - - -	Eisscholle	Felsblock	-
53. Kap Black	Eisfufs	Steine, Geröll, Felstrümmer, Schieferblöcke	Greely.
54. Kap Rawson	-	Steine, Geröll, Felstrümmer, Schieferblöcke	-
55. Nasmith-Gletscher	Eisberge	Erde	-
56. Ella-Bai	-	-	-
57. Kap Camperdown	Schollenberg	50 Steine 100 bis 500 Pfund schwer über den ganzen Berg verstreut	-
58. Küsten des Robeson-Kanals	Küsteneis	Schutt, Gerölle	Nares.
59. 81° 20′ N., 64° 34′ W.	Treibeis	Schutt	Bessels.
60. Ostküste des Smith-Sunds	Küsteneis	schmutzig, Gerölle	Kane.

Fundort.	Art des Eises.	Fracht.	Beobachter oder Autor.
Baffins-Bai, Davis-Strafse, Hudsons-Strafse, Fox-Kanal, Hudsons-Bai.			
61. 75° 56′ N., 69° 27′ W.	Eisberge	Schutt, Gerölle	Bessels.
62. 76° N., 78° 28′ W. (Johns-Sund)	Eisberg	Granitstück	-
63. 68° 22′ 45′ N., 53° 77′ W.	Eisberg	Steine, Grus, Sand	John Rofs.
64. Wolstenholm-Sund	-	grofses Gneifsstück	-
65. Isefjord (Disko-Bucht)	Eisberge	grofse Steine	Saabye.
66. Isortok-Fjord	Eisberg	Erde	Pet. Geogr. Mitt. 1886.
67. Puissortok-Fjord	-	-	
68. Kikertasoak (Grönland)	Eisfelder	Rollsteine	Etzel.
69. Fjorde der westgrönländischen Küste, wo Gletscher endigen	Eisberge	schmutzig, mit Geröll beladen	Bessels. Kane.
70. Julianehaab	Grofseis	kleines Stück Silbit	Etzel.
71. 60° 39′ N., 52° 55′ W.	Treibeis	Grus, Steine, Geröll	Bessels.
72. 65° 20′ 56″ N., 84° 57′ W. (Fox-Kanal)	-	Sand	Parry.
73. 66° N., 83° 33′ 15″ W. (Browne-Insel)	-	-	-
74. Eingang in die Frozen-Strait.	Grofse Eisschollen	grofse Menge von Steinen, Schlamm, Sand, Meereskraut, Muscheln	Kapt. Lyon
75. 68° 23′ 58″ N., 82° W. (Ostküste der Melville-Halbinsel)	Küsten- und Fjordeis	Staub und Steinchen	Parry.
76. Cumberland-Sund (Fjorde desselben)	Küsten- und Fjordeis	- - -	Boas.
77. 36° 10′ N., 39° W. Atlantisch. Ozean, südwestlich von den Azoren.	Eisberg	Gesteinsblöcke	Couthony.
Südpolarmeer.			
1. 44° 48′ S., 1° 17′ W.	3 Eisberge	schwärzliches Aussehen	Schiffsjournale d. deutschen Seewarte.
2. 53° 57′ S., 34° 57′ W.	Eisberge	Felsblöcke	Cook.
3. 66° 26′ S., 34° 32′ W.	Eis	Erde	Weddell.
4. 60° 20′ S., 39° 28′ W.	Treibeis	erratisches Gestein	Dumont d'Urville.
5. Coronation-Insel (Süd-Orkney-Insel)	Eisberge	Erde und Steine	-
6. Nordküste von Louis-Philippe-Land	Treibeis	Erde und Sand	-
7. Nordküste von Louis-Philippe-Land	Eisscholle 24 m hoch, 280 m lang	abwechselnd aus Lagen von Erde und Eis bestehend	-
8. Östlich von Süd-Shetland-Inseln	Eisberg	grofser Felsblock	Sorrell.
9. 57° S.. 146° W.	-	erdig	Meteorolog. Papers 12. 1865.

	Fundort	Art des Eises	Fracht.	Beobachter oder Autor.
10.	46° 40′ S., Golf von Penas (Feuerland)	Eisberge	Schutt, Gerölle	Darwin
11.	Beagle-Kanal (Feuerland)	Gletschereisblöcke	Felsstücke	-
12.	Eyre's Sund (Feuerland)	Eisscholle	würfelförmiger Granitblock von 2 Fuſs Durchmesser	-
13.	60° 50′ S., 147° 25′ W.	Treibeis	gelbliche Flecken.	J. C. Roſs.
14.	50° 54′ S., 175° 36′ W.	3 Eisberge	Felsstücke mit Erde	-
15.	76° 42′ S., 165° 50′ W.	Eisschollen	Felsblock 6 Fuſs Durchmesser	-
16.	77° 49′ S., 162° 36′ W.	Eisberge, Eisschollen	viele Steine u. Erdklumpen	-
17.	76° 22′ S., 178° 16′ O.	Blasiges Treibeis	Vulkanasche	-
18.	72° 57′ S., 176° 6′ O.	Eisberg	Granitblock	-
19.	66½° S., 171° 50′ O.	-	Steine, Schlamm	-
20.	66½° S., 160° O.	Eismassen	Schlamm, Felsen, Steine	Wilkes.
21.	66° 29′ S., 138° 21′ O.	Treibeis	Felsentrümmer	Dumont d'Urville.
22.	Nordküste von Adélie-Land	Eisberge	rötlich-braune Flecke	-
23.	61° S., 103° 40′ O.	Eisberg, 250 bis 300 Fuſs hoch	dunkel gefärbt. Fels 20 Fuſs über dem Meeresspiegel	Darwin.
24.	43° 43′ S., 34° 33′ O.	Eisberg, 200 bis 250 Fuſs hoch	schwarze Stellen	Schiffsjournale d. deutschen Seewarte.

Schon aus dieser Zusammenstellung von Thatsachen läſst sich der eine wichtige Schluſs ziehen, daſs die „Landverfrachtung“, die „Translokation von Bodenbestandteilen“ an den Küsten selbst die gröſste ist, daſs sie zur Zunahme der Entfernung sich in einem umgekehrten Verhältnis befindet, wie das ja auch eigentlich ganz selbstverständlich ist. Daſs jene Eisthätigkeit noch nicht an allen Küsten nachgewiesen ist, liegt zum Teil in dem ungenügenden Litteraturmaterial, was dieser Tabelle zu Grunde gelegen hat, zum Teil an den noch mangelhaften Beobachtungen gerade in Rücksicht auf die erodierende und transportierende Thätigkeit des Eises. Man wird wohl zu dem endgiltigen Schlusse berechtigt sein, daſs an allen Küsten der polaren Landgebiete eine solche Eisverfrachtung stattfindet, natürlich vorausgesetzt, daſs dieselben überhaupt mit dem Treibeis in Berührung kommen, daſs dieser Vorgang des „Beladens“ am Entstehungsherd des Treibeises, d. h. den dem Pole am nächsten liegenden und unter dem Einflusse der kalten Strömungen stehenden Polargebieten, am mächtigsten ist, und daſs die Fortführung des Materials in der Richtung der herrschenden Ströme und Winde stattfindet. So werden die Eismassen des sibiri-

schen Eismeeres ihre Ladung der Westrichtung des herrschenden Stromes entsprechend in einer Nordwestrichtung fortführen, und diese Strömungsrichtung, welche infolge der Erddrehung und anderer noch nicht näher bekannter Ursachen sich in Bogenform am Franz-Josephs-Land und nördlich von Spitzbergen nach Ostgrönland hinüberzieht, wendet sich dort nach Süden und führt das geröllträgende Treibeis in niedere Breiten. An der Westküste Grönlands ist ein südnördlicher Strom konstatiert, der die Unzahl der hier entstandenen Eisberge zu einer nördlichen Reise verurteilt, welche indes im Norden der Baffins-Bai eine Linksschwenkung ausführen und einen südlichen Kurs gemeinsam mit der an der Ostküste Baffins-Lands nach Süden streichenden Polarströmung einschlagen. Dieselbe nimmt aufserdem das aus dem Smith-Sund und weiter nördlich herstammende Eis mit sich und gelangt bei einer fast genau meridionalen Reise bis in die Breite New-Yorks. Hinzuzufügen ist hier noch, dafs auch beträchtliche Eismassen des Lancaster-Sundes, des John-Sundes und der Hudson-Strafse sich dieser Reise anschliefsen. Gehen wir in westlicher Richtung weiter um den Pol herum, so stofsen wir zunächst auf etliche Strömungen schwankenden Charakters im Parry-Archipel. Im allgemeinen steht indes fest, dafs in der Melville- und Barrow-Strafse im Sommer eine südliche Bewegung der Eismassen stattfindet, welche die Südküsten dieser Länder von der lästigen Eisfessel befreit, darum aber auch die Nordküste derselben um so schwerer bedrängt. Eine solche Südbewegung ist auch in der Behrings-Strafse und zwar an deren Westküste konstatiert worden. Dafs diese Strömungen, von denen hier ein grobes Bild entworfen worden ist, natürlich noch grofsen Schwankungen unterworfen sind, lehren die Erfahrungen fast aller Polarforscher. Gezeiten, Winde, Flüsse, die südliche Bewegung kalten Wassers in der Tiefe und der Wechsel der Jahreszeiten bedingen diese Änderungen. Es ist hier nicht der Ort, auf diese Specialfälle näher einzugehen. Ich verweise deshalb auf „Hoffmann, zur Mechanik der Meeresströmungen“, Petermanns Geogr. Mitt. 1866, S. 383: „Neueste Beobachtungen über das Polareis und die Polarströmungen“, Petermanns Geogr. Mitt. 1875, „Chavanne, die Eisverhältnisse im arktischen Meere und ihre periodischen Veränderungen“. Ich habe nur kurz den Weg skizzieren wollen, auf welchem die „Verfrachtungsthätigkeit“ des Treibeises stattfindet.

3. DIE NEUBILDUNGEN ALS RESULTAT DER TRANSPORTATIONSTHÄTIGKEIT DES TREIBEISES.

a. Erratisches Gestein.

Sichtbare und darum auch bereits beobachtete Neubildungen ruft beladenes Eis an den Küsten hervor, wenn es daselbst strandet und sich seiner Bürde entledigt. So geringfügig und so unbedeutend die Menge des gestrandeten Materials auch hier sein mag, so wirkungsvoll tritt sie uns aber in die Augen, wenn wir die Strandorte, auf einer Karte eingetragen, zusammenstellen und den Betrag des translocierten Materials annähernd überschlagen[1]. Wie eigentümlich bisweilen das Treibeis seine Last abläd, zeigt ein Fall, den Eskimos in Tessnissak (Westküste Grönlands) beobachtet hatten und den Bessels[2] gelegentlich erwähnt, wo er von der durch Eisberge an Steilküsten oft hervorgerufenen Rinnen- und Furchenbildung spricht. „Dafs die Eisberge hier oft bedeutende Gesteinsmassen führen, dafür sprach ein ansehnlicher Gneisblock, der an dem Rande eines kleinen Plateaus in der Nähe der Häuser lag. Nach einem starken Eisgange hatten ihn die Eingeborenen plötzlich bemerkt; seine Länge betrug etwa 15 Fufs, seine Breite deren 10, seine gröfste Höhe ungefähr 6. Er befand sich nahezu 25 Fufs über der Meeresfläche." Eine genaue Stranduntersuchung der Polaris-Bai durch die Mitglieder der amerikanischen Nordpolexpedition förderte interessante Resultate der Transportationsthätigkeit des Treibeises an jener Küste zu Tage, die in früheren geologischen Zeiträumen stattgefunden haben mufs. Bessels[3] schreibt darüber: „Unter dem Kalkgerölle, welches die Ufer der Polaris-Bai deckt, gewahrten wir häufig Mineralien und Felsfragmente von so ausgeprägtem lithologischen Charakter, dafs wir über deren ursprüngliche Lagerstätte kaum in Zweifel sein konnten. Wir begegneten ähnlichen Gneisen mit Granitausscheidungen, wie wir sie anstehend in Fiskernässet gefunden, einem Trapp, wie wir ihn ähnlich auf Disko gesehen hatten, und zwischen dem Gerölle lasen wir Chabasitkrystalle und Leucite auf, wie sie ähnlich in der Nähe verschiedener Kolonieen Nord-Grönlands vorkommen. Porphyre und Syenite, jenen ähnlich, die uns später bei Port Foulke zu Gesicht kamen, gehörten

---

[1] Professor August Sonntag, Thrilling narrative of the Grinnell Exploring Expedition to the Arctic Ocean 1853/55, S. 148.

[2] Bessels, Die amerikanische Nordpolexpedition, I, S. 93.

[3] Ebenda I, S. 156.

keineswegs zu den Seltenheiten; minder häufig war ein rotgelber Sandstein, der grofse abgerundete Quarzkörner umschlofs; er unterschied sich kaum von einer Strandbildung, die wir später südlich von Kap Alexander sahen. Auch ein Stück Lakradorit wurde gefunden und vereinzelte Fragmente von Hornblende und Jaspis. Diese bunte Sammlung von Mineralien und Felsarten konnte nur durch treibende Eismassen nach ihrer jetzigen Lagerstätte gelangt sein; die direkte Mitwirkung sich bewegender Gletscherströme steht gänzlich aufser Frage. Da man wohl kaum annehmen darf, dafs die metamorphischen Gesteine und die Trappformation, die südlich von dem neu entdeckten Lande längs der Küste West-Grönlands auftreten, sich nördlich des 81. Parallels genau wiederholen, so ist es am natürlichsten, die Heimat des erratischen Materials südlich von Polaris-Bai zu suchen. Obschon die hydrographischen Verhältnisse der Davis-Strafse und deren nördlicher Verlängerung noch nicht mit aller wünschenswerten Genauigkeit festgestellt sind, so unterliegt es dennoch keinem Zweifel, dafs die vorherrschende Richtung der Strömung eine südliche ist. Da aber jede Strömung etwaige Fremdkörper, die in ihr schwimmen, nur in der Richtung ihres Laufes entführen kann, und das erratische Material, welches wir in Polaris-Bai trafen, sich auf Lagerstätten zurückführt, die sich südlich von jener Bucht befinden, so kann man den Transport des Gerölles von Süd nach Nord nur durch die Annahme erklären, dafs die Richtung der Strömung früher die entgegengesetzte gewesen ist. Die Strömung konnte aber nur solange eine nördliche gewesen sein, als der Archipel, der jetzt im Nordosten Amerikas sich ausbreitet, noch einen Teil des Festlandes bildete, mit welchem Grönland zusammenhing. Da Polaris-Bai an der nordwestlichen Extremität Grönlands liegt und noch jetzt die deutlichen Spuren einer südlichen Strömung erkennen läfst, so mufste die Trennung Grönlands in der ursprünglichen Richtung der Strömung erfolgt sein, nämlich von Süd nach Nord.“ In dieser Weise findet eine bereits früher stattgehabte Treibeisthätigkeit als Beweismittel einer früher anders bestandenen Land- und Wasserverteilung Anwendung. Gerade das Studium der erratischen Blöcke und ihrer Heimatsorte läfst, wenn Treibeisthätigkeit als Ursache erwiesen, interessante Schlüsse auf die Gruppierung der Länder und Meere in den Zeiten der Translokation zu.

Einige weitere Beispiele werden diese Thätigkeit des Treibeises als Ursache des Auftretens erratischer Findlinge besser illustrieren. An der nördlichen Küste von King Williams-Island fand z. B.

Hobson[1], ein Begleiter M'Clintocks, eine grofse Menge Sandstein, „the probable result of icedrift" von der Melville-Insel oder Banksland her, und bei Mofs[2] lesen wir von einem erratischen Block von rotem Granit, der 12—15 Fufs über dem Meeresspiegel an der Südküste des Twin Glacier Valley gefunden wurde. Ferner berichtet Nares[3] von der Küste der Hilgard-Bai (Grinnell-Land): „Am Nordostpunkte der Bai traf ich auf einen Felsenpfeiler, welcher wie eine alte Ruine aussah und 40 Fufs über dem Meeresniveau sich befand. Bei näherer Untersuchung fand ich diesen Felsen voll Fossilien. Sie müssen durch Treibeis hierher transportiert worden sein, da sich seine Natur ganz von der der Umgebung unterschied." Bei Hann- v. Hochstetter-Pokorny[4] lesen wir einmal über die Thätigkeit der westgrönländischen Eisberge: „Dr. Rink hat berechnet, dafs 5 Eisströme von Grönland dem Meere auf diese Weise jährlich gegen 1000 Millionen Kubikellen Eis zuführen. Nur 1/7 der Masse eines Eisbergs ragt aus dem Wasser hervor; dieselben sind deshalb unter dem Wasser meist vielfach höher als über demselben und transportieren die Steinblöcke und den Schutt, mit dem sie beladen sind, weithin, bis sie an einer südlicheren Küste stranden und abschmelzen. Auf diese Weise werden grönländische Felsblöcke an die Küsten von Neufundland und Neu-Schottland transportiert und dort abgelagert." v. Fritsch[5] schreibt in seiner allgemeinen Geologie: „Jenseits des 40. Grades n. Br. herrschen im Atlantik Driftströmungen.... Mächtige Ströme kalten Wassers fliessen von der Ostküste wie von der Westküste Grönlands nach Süden, durch die Erdrotation an die amerikanische und grönländische Küste gedrängt, bis bei den nebelreichen Neufundlandbänken der kalte Strom unter den warmen taucht; durch einzelne besonders grofse Eisberge, welche durch den ganzen warmen Oberstrom ihren Weg fortgesetzt haben, ist das Vorhandensein der kalten Unterströmung beglaubigt, durch welche sich erklärt, dafs man auf den Azoren Blöcke von Gneifs u. s. w. antrifft, die vermutlich grönländischen und nordamerikanischen Ursprungs mit den Eisbergen fortgeführt werden." Eine grofse Reihe von Beispielen dieser Art finden wir in der Beschreibung der zweiten deutschen Nordpolfahrt verzeichnet. Es würde zu weit führen, wenn alle Einzelheiten hier aufgezählt würden. Thatsächlich läfst sich im König-Wilhelm- und Scoresby-Land eine von Nord nach Süd gerichtete „Verfrachtung"

---

[1] M'Clintock, Fate of Franklin and his Discoveries, S. 309.
[2] Mofs, Shores of the Polar Sea, S. 18.
[3] Nares, II, S. 61.
[4] Allgemeine Erdkunde, S. 446.
[5] Allgemeine Geologie, S. 31.

des Bodens erkennen, wenn man nämlich die geologische Beschaffenheit des erratischen Materials mit derjenigen des anstehenden Küstengesteins vergleicht. Scoresby erwähnt von den Küsten des Jameson-Landes Beispiele derselben Art. — Über die durch Treibeis vermittelte Beziehung des Franz-Josephs-Landes und Spitzbergens lesen wir in den von Weyprecht[1] entworfenen „Bildern aus dem hohen Norden“: „Der Eisberg, der auf den Bänken im Südosten von Spitzbergen strandet und die mitgeschleppten Steine und Felsblöcke absetzt, hat seine Heimat vielleicht in einem Teile von Franz-Josephs-Land.“ Ähnliche Funde machte Heuglin[2] an der Nordküste der Egede-Insel (Spitzbergen): „Hin und wieder stöſst man auch auf groſse Findlinge von Rosengranit und Hyperit; namentlich liegen diese vor den Mündungen der zahlreichen Schneewasserbäche. Ihre Lagerstätten sind übrigens wohl entfernt im Innern des Landes zu suchen, da die Oberfläche ganz poliert erscheint und sie also entweder durch Gletscher thalabwärts geschoben oder vielleicht gar von Gletschereisblöcken, die hier strandeten, weit aus Nordosten her übers Meer getragen worden sind.“ Blöcke desselben zweifelhaften Ursprungs entdeckte Heuglin[3] am Tschornoi-Myſs des Matotschkin-Scharr, von denen er ausdrücklich hervorhebt, daſs sie durch Treibeis hierher gebracht worden sein müssen, und in Töppens[4] Monographie von Novaja Semlja finden wir ein entsprechendes Beispiel: „Es scheint, daſs an mehreren Punkten der Küste Steinkohlen am Boden umherliegend aufgefunden worden sind, so in der Silberbucht, am Westende des Matotschkin-Scharr, an der Ungenannten Bai. Jedenfalls sind dieselben erratisch, nämlich entweder vom Meere ausgeworfen oder durch gestrandetes Eis abgelagert worden. Über ihre Heimat ins Klare zu kommen, wird kaum möglich sein. Sicher ist, daſs man auch anderwärts solche Funde gemacht hat, z. B. an den Ufern des Karischen Meeres unweit der Karamündung. Dort fand man groſse Stücken Steinkohle, welche „die See gerollt hatte“. Über erratische Findlinge im Taimyrgebiet[5] sei noch folgendes erwähnt: „Die sibirische Tundra des Taimyrlandes ist mit einem erratischen Material, groſsen Blöcken von Granit, Syenit, Diorit, Gneis und Glimmerschiefer überschüttet, und es ist nicht unmöglich, daſs sie blockbeladenen Eisschollen ihre Ablagerung ver-

[1] Petr. Geogr. Mitt. 1875, S. 349.
[2] Heuglin, I, S. 186.
[3] Ebenda II, S. 73.
[4] Töppen, Novaja Semlja, S. 76.
[5] Julius Payer, Die österreichisch-ungarische Nordpolexpedition, S. 268.

danken, welche in einer früheren Periode von noch unbekannten Ländern herabgeführt und auf dem damals noch unterseeischen Teile Nordasiens fallen gelassen wurden." Im „Journal of the Royal Geographical Society"[1] spricht einmal Middendorff bei einer Schilderung der Taimyr-Halbinsel von einem nördlich des Taimyr-Sees aufgefundenen erratischen Quarzblock, der hier nach Middendorfs Ansicht wahrscheinlich durch die Wogen bei einer Überschwemmung abgesetzt oder verschoben, wahrscheinlicher aber durch das Eis niedergelegt worden sei, wie der Herausgeber des Journal, Colonel Jackson, in einer Anmerkung zu Middendorfs Schilderung richtig bemerkt.

Interessant und deshalb bemerkenswert ist die Beziehung der erratischen Blöcke Islands zu den Gneisen des Franz-Josephs-Landes, die ungeheure Granatkrystalle einschliefsen. Reclus[2] äufsert die Meinung, dafs die ersteren vielleicht durch Eis hierher transportiert worden seien.

b. Entstehung von Untiefen, Bänken, Inseln.

Die bedeutendsten Neubildungen, die durch Entladung befrachteten Treibeises hervorgerufen werden, sind diejenigen auf dem Meeresboden. Es liegt auch auf der Hand, dafs von dem von den Küsten der polaren Landgebiete entführten Bodenmaterial der weitaus gröfste Teil dem Meere anheimfällt und dem Meeresboden zu gute kommt. Das liegt schon in dem geringen Spielraum begründet, den das Treibeis der Meere an den Küsten dargeboten erhält, wenn es seine Last stranden will. Dieser bandartige Saum ist nur ein geringer Bruchteil der riesigen Meeresfläche. Wenn auch das Eis in der Nähe der Küsten in Bezug auf seine Fracht durchschnittlich reicher beladen ist, als auf hoher See, so wird immerhin die Küste selbst den wenigsten Anteil des ihr entführten Materials erhalten; ein grofser Teil kommt dem zunächst liegenden Meeresboden zu gute, das übrige verteilt sich graduell abnehmend auf die weiteren Räume. Im Verlaufe seiner Reise verliert also das Treibeis von seiner Last immer mehr. Diese graduelle Abnahme kann aber unter gewissen Umständen eine Verstärkung erfahren, wenn das Eis auf seinem Wege aufgehalten

[1] Narrative of H. Middendorffs Journey in Northern Siberia, S. 256.
[2] Reclus, Nouvelle Géographie Universelle, XV, S. 99.

wird. Der Ort, wo es zum Verweilen genötigt wird, erhält der Zeitlänge seines Haltens entsprechend natürlich mehr von der Fracht des Treibeises, als ein anderer, an dem es nur vorüberschwimmt. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dafs diese Thatsache im Sommer, wo das Zerbröckeln und der damit Hand in Hand gehende Verlust an Material stetig fortschreitet, ihre gröfste Gültigkeit besitzt, ferner auch bei stürmisch aufgeregter See, wo die Schollen und Berge, hin und her geworfen, schon durch diese schwankende Bewegung viel Material von ihrem Rücken herabfallen lassen. — Bewegen sich beständig felstragende Eismassen in einer anhaltenden Strömung und erleidet der Zuflufs an solchen Massen keine Unterbrechung, so können entsprechende „Linien von Ablagerungen“ entstehen, die gewissermafsen das erste Stadium einer Neubildung auf dem Meeresboden darstellen. An Orten mit geringer Strömung oder in solchen Meeresteilen, wo nur eine Hin- und Herbewegung des Wassers, aber kein „Hindurchpassieren“ desselben stattfindet, endlich auf Untiefen, auf denen das Eis festgehalten wird, wird sich die Abgabe seines Materials auf einem abgeschlosseneren Bezirk konzentrieren und deshalb hier gröfsere Wirkungen hervorrufen können. Innerhalb langer Zeiträume kann an solchen Stellen eine stetige Schuttablagerung zur Bildung von Untiefen, Bänken und, wenn eine säkuläre Hebung des Bodens hinzutritt, zur Entstehung von Inseln führen. Ein interessantes Beispiel dieser Art bieten die Untiefen, die sich häufig Fjorden vorgelagert finden, wo sich die Thätigkeit eines Gletschers entfaltete, welchem jene Untiefen auch häufig ihre erste Entstehung verdanken. Hat sich der Gletscher im Laufe der Zeit zurückgezogen und reicht nur noch am hinteren Ende des Fjordes ins Meer, wo er seine Thätigkeit durch Abstosfen von Eisbergen noch kundgiebt, dann schwimmen jene Eisberge, die häufig noch Spuren ihres ehemaligen Thalbettes an sich tragen, bis an jene Untiefen, werden dort festgehalten und entledigen sich ihrer Last. So ist z. B. die Entstehung der „Holme“, jener kleinen inselartigen Bildungen der spitzbergischen Fjorde zu erklären. Wir lesen darüber in der Beschreibung der schwedischen Expeditionen: „Die Flut, die sich auf den Strand der Kingsbai wälzte, war rötlich gefärbt von dem braunroten Thon, aus dem der Meeresboden besteht, ebenso der Schaum. Wenn der Gletscher kalbt und die Eisberge einer nach dem andern niederstürzen, sodafs der flache Fjord davon aufgerührt wird, sie selber aber gewälzt und umgekehrt werden, sodafs ihr Fufs nach oben zu stehen kommt und einen Teil des Bodens mit sich nimmt, dann schwimmen sie nach dem

Holme und legen hier ihre Ladung nieder. Der Holm ist daher nichts anderes, als eine zum Gletscher gehörige Moräne. Der feine rote Schlamm, der Grus und das Gerölle bilden erst eine lockere Masse; wenn sie aber von dem schmelzenden Schnee getränkt und geebnet werden, wird sie allmählich fester und härter und zuletzt zu einer Art Conglomerat, daraus hier überall die Holme bestehen." — Eine interessante Erscheinung sind die Bänke, die sich an der Westküste Grönlands von Sukkertoppen und Godthaab bis Frederikshaab hinziehen, wie die Hellefiske-Bank, die südwestlich von Godthaab gelegene Fyllas-Bank und andere kleinere, durch Lothungen näher festgelegt. „Diese Bänke[1] erstrecken sich in einem durchschnittlichen Abstande von 20 Seemeilen von der Küste zwischen 62 und 69° n. Br., während weiter nördlich dieselben vollkommen aufhören. Sie sind 15—50 Faden (28—94 m) tief und fallen nach Osten zu gegen das Land ziemlich steil auf 200 Faden (377 m) ab, nach Westen weniger schroff. Der Grund besteht in der Regel aus ziemlich grobem Sand mit Steinen und Schaltieren, während sich im tiefen Wasser fast überall Schlick vorfindet. Das Schleppnetz, mit welchem auf der ganzen Reise soviel wie möglich gearbeitet wurde, ergab besonders auf den Bänken eine reiche Ausbeute von Tieren und Pflanzen." Diese Bänke werden wohl in der Hauptsache früheren Gletschern ihre Entstehung verdanken, deren Endmoränen sie darstellen. Durch das Stranden der zahlreich hier vorhandenen und oft mit Steinen, Felsen u. s. w. beladenen Eisberge dürften sie aber eine nicht unwesentliche Erhöhung und Annäherung an die Meeresoberfläche innerhalb langer Zeitabläufe erfahren haben. — In treffender Weise schildert Hahn[2] die Transportationsthätigkeit des Treibeises, indem er sagt: „Ich hatte bei einer früheren Gelegenheit einige Mitteilungen über Bildung von Untiefen und Geröllbänken im Meer durch recente Eisberge und erloschene Gletscher zusammengestellt; die damals gewonnenen Resultate werden durch einige neuere Beobachtungen vollkommen bestätigt. Die flämische Kappe, die bekannte grofse Untiefe östlich von der Neufundland-Bank, ist mit grofsen Steinen übersät; sie ist, wie Otto Krümmel[3] bemerkt, nichts weiter als eine kolossale erratische Aufschüttung von 2—3000 m relativer Höhe. Hier wie auf der Neufundland-Bank trifft die kalte, gerölltragende, Eisberge führende Labrador-Strömung mit dem wärmeren Golfstrom, oder wie man diese

---

[1] Die Expedition des Kreuzers Fylla nach der Baffinsbai, 1886, S. 151.

[2] Hahn, Inselstudien, S. 168.

[3] Ausland 1883.

Strömung sonst nennen mag, zusammen; die Berge schmelzen, und die mitgebrachten Steine schütteten allmählich jene umfangreichen Bänke auf. Im Herbst 1882 fand Murray auf dem „Wyville Thomson-Rücken“ im Norden von Schottland alle höheren Stellen aus Kies und Steinen bestehend. Viele der letzteren waren abgerundet, und einige zeigten deutliche Spuren von Gletschereinwirkungen. Die Mannigfaltigkeit der Steine war eine sehr grofse; man fand Sandstein, Diorit, Glimmerschiefer, Gneifs, Hornblende, glimmerhaltigen Sandstein und Kalkstein. Die norwegischen Nordmeer-Expeditionen haben nicht nur zahlreiche erratische Geschiebe auf dem Boden des Norwegischen Meeres gefunden, sondern auch nachgewiesen, dafs der gröfste Teil der dortigen Ablagerungen von Schlamm und Thon aus Material besteht, welches von dem Treibeis und den Gletscherströmen aus Island, Grönland und Spitzbergen in das Meer hineingeführt wird. Wenn festgestellt werden könnte, dafs jene durch Eisberge veranlafsten Ablagerungen irgendwo den Meeresspiegel erreichen, würden wir den Begriff der erratischen Aufschüttungsinseln in unser Inselsystem aufzunehmen haben.“ Ein hervorstechendes Beispiel von Bank- und Untiefenbildung, hervorgerufen durch Schuttablagerung von Treibeis liefert die Bank oder das Riff zwischen Spitzbergen und Bären-Eiland. „Im März und April“, schreibt Freeden[1], „wird es auf der Bären-Insel unwirtlich, in wirksamster Weise schiebt die westliche Kompensationsströmung die schon sich lösenden Eismassen des Barents-Landes und weiter von Nowaja Semlja und Nordsibirien an und über das Riff; ein Teil strandet in dem daselbst nur 21—45 Faden tiefen Wasser und läfst die Stein- und Moränen-Ablagerungen zurück, von denen die Germania schöne Proben mitgebracht hat.“ Karl Weyprecht[2] sagt über diese Bankbildungen Folgendes: „Die Bänke von Neufundland, ferner jene im Süden von Spitzbergen u. a. m. verdanken wahrscheinlich wenigstens zum Teil ihre Bildung den Eisbergen, die sich dort in gesetzmäfsigem Zuge gegen Süden auflösen, sobald sie mit dem wärmeren Wasser zusammentreffen und die dem Norden entführte Last abwerfen. Im Laufe der Jahrtausende können sich auf diese Art ausgedehnte Bodenerhebungen bilden.“ — Ein anderes schönes Beispiel einer durch Treibeis hervorgerufenen erratischen Aufschüttung lesen wir in den „Annalen der Hydrographie“[3]; es ist dies eine

---

[1] Mitteilungen aus der norddeutschen Seewarte. I. Über die wissenschaftlichen Ergebnisse aus der ersten deutschen Nordpolarfahrt 1868, von Freeden, S. 5.

[2] Karl Weyprecht, Die Metarmorphosen des Polareises, S. 15.

[3] Annalen der Hydrographie, XII, 1884, S. 611.

nördlich von der Karischen Pforte von der „Dijmphna“ angetroffene Lehmbank. Die im Karischen Meere herrschenden Strömungen und das lange Verweilen des Treibeises an dieser Stelle, welches zudem zum gröfsten Teile mit Lehm bedeckt ist, deutet darauf hin, dafs diese Bank durch die bei der Zerstörung der Eismassen zu Boden sinkenden Lehmmassen gebildet worden ist, und dafs dieser Vorgang ein Jahrhunderte lang wiederholter gewesen sein mufs. — Inwieweit das Treibeis an der Bildung der zahlreichen Inselchen, Bänke, Untiefen an der Mündung der grofsen sibirischen und nordamerikanischen Ströme durch Schlamm- und Gesteinsablagerung beteiligt ist, ist noch nicht festgestellt. Dafs diese Beteiligung aber besteht, ist eine kaum bestreitbare Thatsache.“ Eine Stelle in Danenhowers[1] „Narrative of the Jeannette“ gehört vielleicht hierher und verdient Beachtung. „Wir haben keinen anderen Beweis einer Strömung in der Nähe der Herald-Insel, als die Bildung von Bänken und Untiefen, welche ähnlich der Bildung der Grand-Banks ist, die darin besteht, dafs erdige Massen abgelagert werden.“

c. Nivellierung des Meeresbodens.

Es ist klar, dafs die Ablagerung des von Treibeis mitgeführten Materials im grofsen und ganzen über die Meeresfläche hin stattfindet. Die Gründe, weshalb einzelne Stellen des Meeres eine Bevorzugung erleiden, sind oben auseinander gesetzt worden. Bei der „Landverfrachtung“, die das Treibeis bewirkt, darf man sich den Vorgang nicht etwa in der allerdings sehr einfachen Weise vorstellen, dafs das Eis seine Ladung vom Verfrachtungsorte bis zum Ablagerungsorte wohlbehalten zu schleppen vermag, vielmehr dafs dieser Ablagerungsprozefs sich auf dem ganzen Wege stetig abspielt. So partizipiert die weite, tiefe Meeresgrundfläche ebenso an dem vom Eise getragenen Material, nur der Zeit seines Verweilens über derselben entsprechend durchschnittlich weit geringer, als Untiefen und strömungslose Meeresgebiete. Mit einem Worte: Das Treibeis übt durch seine Transportationsthätigkeit eine abtragende und über den Meeresgrund hin verteilende oder nivellierende Thätigkeit aus, die an verschiedenen Orten eine verschiedene Intensität erreicht und im allgemeinen an Untiefen und seichten Stellen des Meeres am gröfsten ist.

---

[1] Danenhower, Narrative of the Jeannette, S. 19.

Über die Schutt ablagernde Thätigkeit des Treibeises der Behrings-Strafse und Behrings-See giebt uns Weyprecht[1] in seinen „Bildern aus dem hohen Norden“ eine treffende Schilderung. Unter anderm lesen wir daselbst: „Das durch die Behrings-Strafse nach Süden aufbrechende Eis wird, abgesehen von dem oft mächtigen Land- und Baieise, welches sich von Point Hope bis Point Barrow alljährlich im Sommer ablöst, gröfstenteils aus der Long-Strafse und der Nordküste des Tschuktschen-Landes herrühren und alle Sedimente in der seichten Behrings-See ablagern, deren Becken ein grofsartiges Erosionsphänomen darstellt und die Landverfrachtung des Polarstromes deutlich illustriert.“ Auch De la Beche[2] hebt in seiner „Geologie“ die nivellierende Thätigkeit des Treibeises hervor, indem er sagt: „Obgleich der grofse Eiswall der Südpolarländer auf den ersten Anblick keine grofse Wichtigkeit für den Transport von Mineralstoffen zu haben scheint, so hat man doch gefunden, dafs unter gewissen Umständen losgelöste Eisstücke eine bedeutende Menge von Schlamm, Sand und Felsstücken von verschiedener Gröfse in wärmere Klimate tragen und ihre Ladung über den Boden des Meeres ablagern“ .... „Das auf dem Boden ruhende Eis in der Nähe von Victoria-Land scheint demungeachtet die Kraft zu haben, vielen Detritus transportieren zu können, wenn es in Eisberge zerbrochen ist, überstürzt und Blöcke und kleine Bruchstücke, Sand, Schlamm über einen Teil des südlichen Stillen Ozeans streut. Die südlichen Shetland- und Orkney-Inseln, Süd-Georgien, Sandwich-Land und die Länder zwischen dem südlichen Shetland und Victoria-Land, welche mehr oder weniger mit Eis besetzt sind, tragen ohne Zweifel auch durch Gletscher, durch Küsteneis und wahrscheinlich auch durch umgestürztes gestrandetes Eis Blöcke und Getriebe, Sand und Schlamm zu dem Boden des südlichen Atlantischen Ozeans und zu dem Meere südlich von Afrika und Australien bei. Der südliche Teil von Amerika fügt seine vom Eis getragenen Gesteinstücke hinzu, und so werden also im Norden und im Süden Felsstücke aus den kälteren Teilen vom Eis fortgeführt und auf dem Meeresboden in den gemäfsigten Weltteilen zurückgelassen.“

An dieser Stelle sei es gestattet, auf den Zusammenhang der Lothungs- und Sondierungsresultate in den Eismeeren mit der Transportationsthätigkeit des Treibeises hinzuweisen. Bisher ist in der Litteratur der Polargegenden die Verfrachtungs-, wie überhaupt die

---

[1] Geogr. Mitt. 1875, S. 349.

[2] De la Beche, Vorschule der Geologie, S. 213, 226.

umgestaltende Thätigkeit des Treibeises noch nicht genügend gewürdigt worden und darum auch fast unerwähnt geblieben. Es ist klar, dafs eine solche im Laufe vieler Jahrtausende stattgefundene Thätigkeit auch auf dem Meeresboden sich geltend machen mufs, und die Beweise einer durchaus nicht gering anzuschlagenden Thätigkeit des Treibeises, wie sie bereits in dem bisher Besprochenen zwar dürftig gebracht worden sind, werden sich noch häufen, wenn nur erst die Tiefenverhältnisse und die Beschaffenheit des Meeresbodens in den Polarmeeren genügend aufgeklärt worden sind. Nach zwei Hauptrichtungen äufsert sich hier die Wirkung des Treibeises: erstens in der Abnahme der Meerestiefe, zweitens in der Umgestaltung des Meeresbodens inbetreff seiner Bestandteile. Fafst man die nordpolaren Landgebiete als eine Inselgruppe zusammen und stellt sie neben die vier grofsen Gruppen der dänischen, griechischen, westindischen und hinterindischen Inseln, so wird zunächst die geringe Tiefe in der Nähe ihrer Küsten im Vergleich mit den Meerestiefen an den Küsten der genannten vier Archipele auffallen, welche nicht allein durch die in den Polargebieten allerdings sehr kräftig auftretende Erosion und Denudation erklärt werden kann. Obwohl nicht geleugnet werden darf, dafs auch bedeutende Tiefen in dem nördlichen Eismeere gemessen worden sind, so ist doch die Seichtheit desselben eine so ausgesprochene Erscheinung, dafs man wohl behaupten darf, dafs dieselbe mit der polaren Natur der „Eis"-Meere zusammenhängt. Immerhin wird es wohl eine schwer lösbare Aufgabe bleiben, ein mittleres Mafs für die jährliche Ablagerung von Treibeismaterial auf dem Meeresboden anzugeben. Säkuläre Hebungen und Senkungen machen das Problem noch vollends schwierig. Besser schon vermag man den Einflufs des Treibeises auf die Bodenbeschaffenheit des Meeresgrundes hinsichtlich seiner Zusammensetzung zu erkennen. Die Resultate der Sondierungsarbeiten in den eisführenden Meeren werden sich von denen der in eisfreien Meeren vorgenommenen Dredgungsarbeiten wesentlich unterscheiden. Während die letzteren nur die gewöhnlichen Bestandteile des Meeresbodens: Schlamm und organische Reste enthalten, findet sich in den ersteren aufserdem noch erratisches Material: Sand, Steine, Felsstücke u. s. w., welche nur durch Treibeis an die Fundstellen gebracht worden sind. Das Vorkommen derartigen Materials hat man durch „Grundströmungen" erklären wollen, oder vielmehr umgekehrt: man hat aus dem Vorhandensein „rein gewaschener", jedes feinen Mulmes entbehrender Mineralteile schliefsen wollen, dafs an diesen Stellen des Meeresbodens unbedingt eine Strömung herrschen müsse. Man bedarf aber dieser

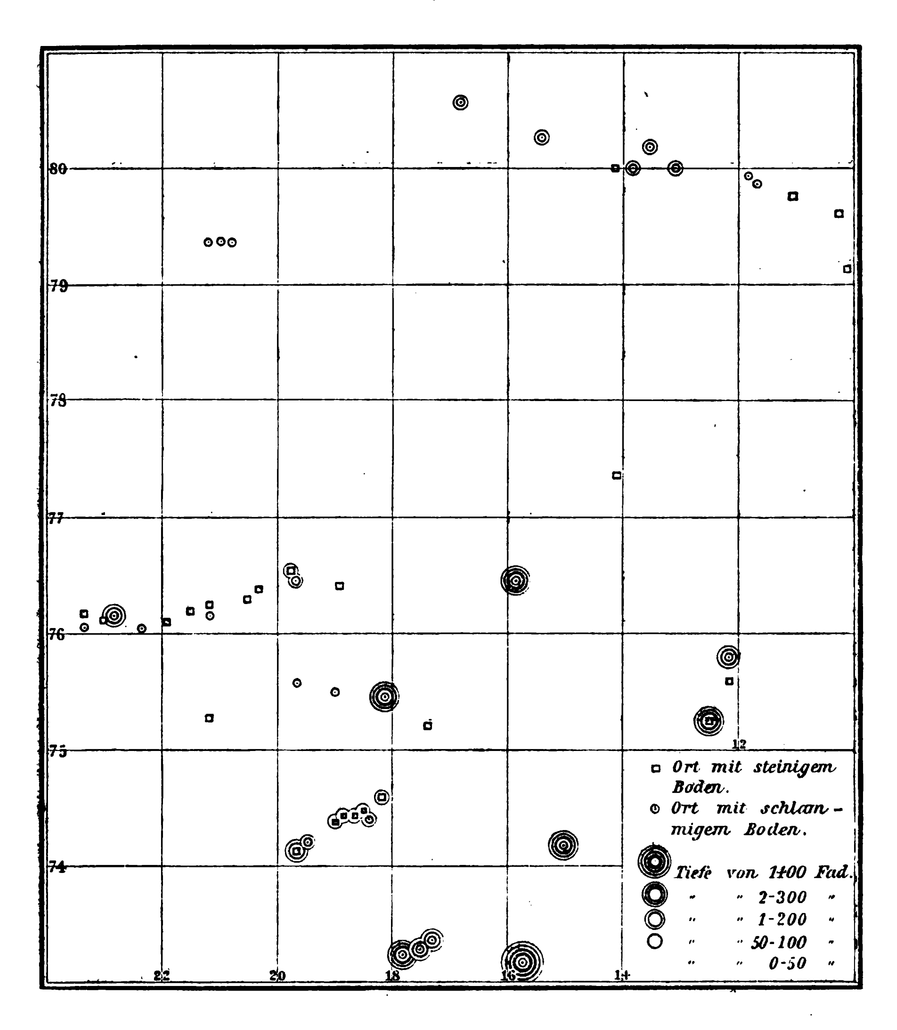
gewagten Annahme nicht, wenn man die Transportationsthätigkeit des Treibeises zur Erklärung heranzieht. Bei der ersten deutschen Nordpolarfahrt wurden von der Germania 39 Grundproben erhoben, welche sämtlich aus der Polarzone von 73° 17′ n. Br. bis 80° 39′ n. Br. stammten. In dem wissenschaftlichen Teile des Berichtes der zweiten deutschen Nordpolarfahrt[1] lesen wir darüber Folgendes: „Von diesen 39 Proben sind 22 Schlammproben, die übrigen 17 bestanden nur aus gröberen, steinigen Elementen ohne Schlammanhang. Zunächst ging aus diesen Sand- und Schlammproben die für die dortigen Meeresströmungen wichtige Thatsache hervor, daſs an den 17 Örtlichkeiten des Tiefgrundes ohne Schlamm sich die Anwesenheit von Meeresströmungen scharf erkennen lieſs, welche von dem groben Sande allen feinem Mulm weggefegt habe, der sich notwendig sonst aus dem oberen Meere abgelagert haben müſste. Auch lieſs sich durch die Gröſse der groben Kalk- und Kieselsandteile nachweisbar finden, daſs die dortige Grundströmung überall nur eine mäſsig beschleunigte sein kann, der diese gröberen Rollsteinchen noch zu widerstehen vermögen. Andererseits beweisen die 22 gehobenen Schlammproben, daſs an allen diesen Örtlichkeiten eine Grundströmung des Meeres nicht existiere, weil auch jede schwache fortgesetzte Bewegung des Wassers die gehobenen feinen Schlammteilchen fortgefegt haben würde."

Zur besseren Beurteilung dieser Auffassung mögen die 39 Fundorte in einer Kartenskizze ihrer geographischen Lage nach eingezeichnet und zugleich jene 12 Tiefgrundproben mit hinzugefügt werden, welche die zweite deutsche Polarexpedition in derselben Gegend gesammelt hat. Es werden sich somit 51 ausgezeichnete Stellen auf der Skizze vorfinden, von denen alle Schlammproben mit ⊙, alle steinigen Proben mit □ gekennzeichnet sind. Die auf Seite 91 gegebene Skizze wird nun den weiteren kritischen Untersuchungen zu Grunde liegen.

Aus dieser Zusammenstellung wollen wir zunächst zu schlieſsen versuchen, ob die Tiefenverhältnisse oder die Anordnung der Fundorte bereits eine Annahme von Tiefseeströmungen gestatten. Zunächst folgt aus dem allgemein anerkannten Gesetz, daſs mit zunehmender Tiefe auch die Stärke der Strömung abnimmt, der Schluſs, daſs daher die Verschlämmung nach unten zunimmt. Wir müſsten daher an den seichteren Stellen des Meeres jene „steinigen", an den tiefsten jene „Schlammgebiete" suchen. Ferner ist in Betracht zu ziehen, ob der Beobachtungsbezirk nahe der Küste oder weit von ihr entfernt liegt. An der Küste wird der Meeresboden natürlich steiniger sein, als in

[1] Die zweite deutsche Nordpolarfahrt. II, S. 440.

weiter Entfernung draufsen im tiefen Meere; er wird es allein schon durch seine Nachbarschaft zur Küste sein, auch wenn keine Strömung am Meeresboden vorhanden wäre. Betrachten wir ferner ein Gebiet von nahezu gleicher Tiefe, so wird sich, wenn einmal eine Strömung über den Boden dieses Meeresgebiets konstatiert worden ist, der



steinige Charakter des Bodens offenbar nicht nur an einzelnen zerstreut liegenden Punkten, sondern in einer verhältnismäfsigen Gleichmäfsigkeit über das ganze Gebiet hin, wenigstens über einen gröfseren Teil hin beobachten lassen; umgekehrt wird eine Stelle des Meeresbodens ohne Strömung vorwiegend schlammiger Natur sein. Um dem-

nach mit Sicherheit auf eine Bewegung des Meerwassers am Meeresboden schliefsen zu können, ist eine grofse Zahl von Beobachtungen in einem relativ kleinen Beobachtungsbezirk erforderlich. Die nebenstehende Skizze enthält nur zwei solcher Gebiete, das eine rechts oben zwischen den Parallelen von 79 und 81° und den Mittagslinien von 10 und 17°, das andere zwischen den Breiten von 75° und 76° und den Längen von 19° und 24°, das eine mehr schlammiger, das andere mehr steiniger Natur, das eine weiter von der Küste entfernt, das andere nahe derselben gelegen. Schon durch ihre Lage zur Küste entsprechen sie der allgemeinen Erfahrungswahrheit, dafs mit der Nähe derselben auch der steinige Charakter des Meeresbodens sich verschärft. Abgesehen davon möchte es schwer scheinen, sich zu entscheiden, ob man sich auf die Seite derer schlagen will, welche aus dem Charakter des Meeresbodens eine Tiefseeströmung folgern, oder ob man die Ansicht derer teilt, welche diesen Schlufs als zu weitgehend verwerfen. Zu Gunsten der ersteren läfst sich anführen, dafs an den tieferen und tiefsten Stellen in den meisten Fällen Schlamm gefunden worden ist, während sich der steinige Meeresgrund fast ausnahmslos in seichten Tiefen gezeigt hat (s. Skizze). Auch die Anordnung der Fundstellen begünstigt bis zu einem gewissen Grade die Ansicht der ersteren. Von dem entgegengesetzten Standpunkt aus kann man zunächst darauf hinweisen, dafs an zwei relativ tiefen Stellen steiniger Meeresgrund, ferner in dem Bezirk mit dem vorwiegend steinigen Charakter auch viele sehr seichte Stellen schlammiger Natur gefunden worden sind, und dafs das auf der Karte rechts oben befindliche Schlammgebiet verhältnismäfsig zu wenig Fundstellen aufweist. Man kann hier noch hinzufügen, dafs jeder Fund immer nur einen dürftigen Schlufs auf einen einzigen Punkt des Meeresbodens zuläfst, und dafs 17 solche Tiefgrundproben auf einen Raum von vielen Quadratmeilen verteilt, nicht viel aussagen können in Bezug auf die Beschaffenheit des ganzen Raumes. Wenn auch nicht die Existenz von Tiefseeströmungen geleugnet werden darf, so kann man sich wohl einen Meeresboden denken, der trotz starker Strömung des Meerwassers eine Schlammansammlung bewirkt. Umgekehrt kann mit Berücksichtigung des Faktums, dafs mit Schutt und Felsentrümmern versehenes Treibeis seine Last meist direkt ins Meer fallen läfst, auch ein durch eine sehr geringe Strömung ausgezeichneter Meeresboden einen steinigen Charakter erhalten. Vor allem der letztere noch wenig beachtete Umstand nötigt mich zu der Annahme, dafs man aus der steinigen Natur des Meeresbodens viel eher und mit gröfserem Rechte auf eine Treibeisaktion schliefsen kann, als auf

eine überhaupt noch gar nicht direkt wahrgenommene Tiefseeströmung. — Es mögen deshalb auch die von John Rofs[1] auf seiner zweiten Entdeckungsreise ausgeführten Tiefgrunduntersuchungen in der Davis-Strafse und Baffins-Bai hier Erwähnung finden. Von 74 Lotungen ergaben sich bei 37 derselben Schlammproben, bei 31 Lotungen steinige Proben (hauptsächlich Granit, Gneis, Quarz, Grauwacke, auch Sand und Thon). Es wäre interessant, wenn man den Zusammenhang der letzteren mit nahen Küstengegenden beweisen könnte. — Wenn auch die Thätigkeit des Treibeises, wie sie bisher näher beleuchtet worden ist, eine nicht zu unterschätzende, bisher nicht genug gewürdigte sein mag, so ist doch eine gewisse Vorsicht bei Erklärung mancher geologischer Erscheinungen am Platze, wo man im Sinne der obigen Ausführungen Treibeisthätigkeit als Ursache anzunehmen zu leicht geneigt ist. Die „Trifttheorie“ der älteren Geologen dürfte man zu diesen „Abwegen“ rechnen. Ihr erster Vertreter war Wrede, der wohl zuerst „die erratischen Blöcke im Süden der Ostsee durch schwimmendes Eis“ erklärte, später lenkte James Hall (1812) „die Aufmerksamkeit auf die Verbindung von schwimmendem Eis mit Erdbebenwellen als einem Mittel zum Transport erratischer Blöcke“. Playfair[1] (1806), dann Venetz[2] (1821), ferner Charpentier[1] (1835) und Agassiz[1] (1837) erhoben mehr oder weniger stark ihre Stimmen gegen diese Theorie, sie betonten zum Teil auch die nicht auszuschliefsende Gletscherthätigkeit, während Lyell im gröfseren oder geringeren Gegensatz zu ihnen dem Treibeis allein die Verbreitung der erratischen Blöcke und kleineren Gesteinsstücke über Mitteldeutschland zuschrieb. Diese Trifttheorie hat sich aber zuletzt nicht mehr zu halten vermocht und der sogenannten „Inlandeistheorie“, häufig auch „Gletscher-oder Eistheorie“ genannt, Platz gemacht. Professor Bernhardi[3] (1832) hat den Gedanken Otto Torrells einer Vergletscherung Skandinaviens und Finnlands bis über das norddeutsche und nordrussische Flachland zuerst geäufsert, Torrell hat ihn daraufhin klar und deutlich ausgesprochen. An dieser Stelle seien einige bedeutende Namen genannt, deren Träger durchaus nicht von einer in geologischer Beziehung wirklich beachtenswerten und tiefgreifenden Thätigkeit des Treibeises als Transportmittel überzeugt sind. So äufsert sich Dr. Henry Rink[4], „dafs hinsichtlich der Frage, wie weit Eisberge an einer Ausebnung des Meeresbodens und einer Verbreitung von erra-

[1] John Rofs, Zweite Entdeckungsreise, S. 156.
[2] De la Beche-Dieffenbach, Vorschule der Geologie, S. 241, 241.
[3] Dames, Die Glacialbildungen der norddeutschen Tiefebene, S. 3—7.
[4] Dr. Rink, Danish Greenland, London 1877, Appendix I. S. 358.

tischen Blöcken dienen können, einzuwenden sei, dafs das Vorkommen solcher Massen auf grofsen Eisbergen zu selten zu sein scheint." Was[1] im allgemeinen oft für „Schmutzbänder" oder „erdige Lager" gehalten werde, seien Streifen von intensiv blau gefärbtem Eis, welches ganz klar ist und entweder keine oder ganz unregelmäfsige Luftblasen enthält. Diese blauen Streifen inmitten des sonst ganz weifsen Gletschereises enthalten allerdings oft „Schmutzbänder", aus fremden Gegenständen, wie Steinen, Sand und Thon bestehend. Macnab ist der Meinung[2], dafs die rötlich braunen und schwärzlich-braunen Flecke an den Eisbergen durch Auswaschungen des Meereswassers entstanden seien und oft fälschlicherweise für Felsstücke und Erde gehalten werden, und Darwin[2], sich auf die Autorität des Kapitän Biscoe berufend, konstatiert, dafs dieser während seiner vielen Kreuzungsfahrten in den antarktischen Meeren niemals auch nur ein einziges Felsenstück auf dem Eise gesehen hat. Bei Reclus[3] lesen wir ebenfalls, dafs das „Treibeis nur selten Erde oder Steine auf seinem Rücken trage", und in Bezug auf die Entstehung der Neufundlandbank und der benachbarten Bänke durch Schuttablagerung gestrandeter Eisberge hören wir folgende bemerkenswerten Einwände. „Die genauen in diesen Gegenden gemachten Beobachtungen haben gezeigt, dafs die Bänke des nordatlantischen Meeres nur einen sehr geringen Teil der Blöcke und Gesteinsstücke enthalten, die von den felsigen Küsten Grönlands auf die Eisfelder gefallen sind...... Die Eisblöcke, welche man an den Küsten Neufundlands gestrandet sieht, haben alle die Reinheit des Krystalls; sie können also nur in einem unendlich kleinen Grade an der Erhebung der Ufer beitragen, welche den südöstlichen Winkel der grofsen Insel bilden. Übrigens stimmen die Meeresgebiete, wo sich die Eisberge in grofser Zahl zusammendrängen, keineswegs in ihren allgemeinen Begrenzungen mit denjenigen der submarinen Bänke überein, und diejenigen, welche sich im Süden von Neufundland ausdehnen, sind gänzlich aufserhalb der Strafse der Eisbewegung gelegen. Man mufs also die Bänke als zugehörig betrachten zu dem ursprünglichen Relief der Erde: sie bilden einen Teil des Piedestals des amerikanischen Festlands."

Alle die gemachten Einwände verdienen registriert zu werden. Sie machen bei Aufstellung der Theorie vorsichtig und nötigen, genauere,

---

[1] Journal of the Royal Geogr. Society, XXIII, S. 153. — Dr. Rink: On the Continental Ice of Greenland and the Icebergs in the Arctic Seas.

[2] Journal of the Royal Geogr. Society, IX, S. 528, 529.

[3] Reclus, Nouvelle Géographie Universelle, XV, 110, 646, 647.

zahlreichere Beobachtungen abzuwarten. Wie bei vielem so wird hinsichtlich der Entstehung der Bänke die Wahrheit wohl in der Mitte liegen. Bänke oder Untiefen müssen ja doch vorhanden, also von vornherein dem Relief der Erde angehörig sein, wenn Treibeis auf ihnen hängen bleiben und zum Verweilen gezwungen werden soll. Aber ihre allmähliche Erhöhung, ihr successives Wachsen kann sehr wohl durch Schuttablagerung gestrandeten Treibeises hervorgerufen werden.

4. DAS TREIBEIS ALS PFLANZENVERBREITER UND ALS TRANSPORTMITTEL FÜR ANIMALISCHE ORGANISMEN. INDIREKTE WIRKUNGEN DES TREIBEISES BEI SEINER TRANSPORTATIONSTHÄTIGKEIT.

a. Einflufs auf die Vegetation.

Im allgemeinen werden die vom Treibeise belagerten Küsten hinsichtlich ihrer Vegetation einen der ödesten und traurigsten Anblicke gewähren. Sie sind im allgemeinen jeder Vegetation bar. An jenen Punkten aber, an denen das Treibeis nur ein seltener Gast ist, wo es also nur in aufsergewöhnlichen Fällen die Küsten berührt, vermag es zerstörend und vernichtend auf die Vegetation zu wirken, wie bereits früher erörtert worden ist. Bei dieser Erosionsthätigkeit kann es sich nun mit Pflanzenresten beladen, die, wenn sie von Erdreich noch teilweise bedeckt sind, vor allem vermöge ihres arktischen Charakters ihre Lebensfähigkeit auch während des Transportes auf dem Eise bewahren können. Enthalten diese mitgenommenen Erdreste Samen oder der Keimung fähige Organe von Pflanzen, so wird eine Verbreitung der Vegetation in den Gebieten, wo das Treibeis strandet, noch begreiflicher, vorausgesetzt, dafs jene Organismen die nötigen Bedingungen ihres Gedeihens in der neuen Heimat erfüllt finden. Das Geröll, welches die Sommerströme der arktischen Gebirgslandschaften auf dem Eisfufs der Küste ablagern, der Schutt und die Felsentrümmer, welche an der steilen Küstenböschung im Sommer unaufhörlich herniederrollen, können solche keimungsfähige Pflanzenteile mit sich auf das die Küste umsäumende Eis führen. In dieser Weise wird der grofse Eisgang der mächtigen sibirischen Ströme in jedem Frühjahr aufserordentlich viel Vegetationskeime aus den inneren Gebieten Asiens zunächst in das sibirische Eismeer entführen, wo sie auf dem Rücken der Schollen den Bewegungen des Meerwassers folgen müssen, mit dem Untergange ihres Flosses in die Tiefe des

Meeres versinken können, vielleicht auch mit demselben an unbekannten Küsten stranden. Auch das Treibholz des Meeres als Träger kleiner Vegetationskeime kann auf dem Rücken des Treibeises mit demselben pflanzenverbreitend wirken, dieses hierbei mehr in indirekter, jenes mehr in direkter Weise. Mit dem Transport von Treibholz übernimmt darum das Meereis oft zugleich die Fortführung von Pflanzenresten, die noch keimfähige Teile enthalten. Auch die Orte, wo die Ladung des Treibeises aus erdigen Bestandteilen zusammengesetzt ist, sind hinsichtlich der Pflanzenverbreitung der Beachtung wert, da gerade Erdreste oftmals auf darin befindliche keimungsfähige Pflanzenreste schliefsen lassen. So ist die zwischen der Obmündung und dem Franz-Josephs-Lande konstatierte Treibholzverfrachtung durch Treibeis[1] bemerkenswert. Eis mit diesem Treibprodukt versehen traf auch der russische Klipper „Wssadnick“[2] im Norden der Behrings-Strafse 68° 48′ n. Br., 178° 55′ w. L. an, und in Peterm. Geogr. Mitt.[3] wird an einer anderen Stelle von einer grofsen Menge bei Kap Rabenstein in der Bismarck-Strafse gestrandeten Treibholzes erzählt, „welches entweder durch Seegang oder noch wahrscheinlicher durch das treibende Eis auf die Klippen geworfen und über 20 Fufs hoch aufgetürmt war. An der Ostküste Spitzbergens fand Danenhower[4] ungeheure Mengen gestrandeten Eises und dabei am Strande grofse Massen Treibholz. M'Clure[5] erzählt von Jones Island an der Nordküste Amerikas, dafs hier die Eingebornen das fortwährende Auffinden von Treibholz dem Umstande verdanken, dafs dasselbe durch Treibeis gestrandet und durch Eispressungen am Strande hoch emporgehoben wird, so dafs es dem Wogengange unerreichbar bleibt. Einen allgemeinen Verbreitungsbezirk des Treibholzes giebt Weyprecht[6]. Er zeigt auch, wie das Treibeis die Grenzen dieses Bezirks alterniert. In stark mit Eis besetzten polaren Eisströmungen, wie z. B. in der von Sibirien nördlich über Franz-Josephs-Land und dann zwischen Spitzbergen und Grönland an dessen Ostküste entlang laufenden Strömung, wird das inmitten der Strömung schwimmende Treibholz schwerlich zum Stranden kommen können, weil es im Eise zwischen den Schollen gewissermassen festgehalten wird. Daher erklärt sich auch der relative

---

[1] Pet. Geogr. Mitt. 1884, S. 253.

[2] Ebenda 1859, S. 139.

[3] Ebenda, VI, S. 49.

[4] The Proccedings of the United Staates Naval Institute. 15. August 1885. — The Polar Question by Lieut. Danenhower, S. 4 und 5.

[5] M'Clure (Osborn), The discovery of the North West Passage, S. 72.

[6] Karl Weyprecht, Metamorphosen des Polareises, S. 251.

Mangel an Treibholz in Grönland. Anders in Spitzbergen. Nördlich davon kommt jeden Sommer ein sehr grofser Teil des Eises zum Schmelzen, und so kommt es, dafs die frei gewordenen Treibholzstämme massenweise an den Nordküsten Spitzbergens abgesetzt werden. Auf diese interessante Beziehung zwischen Treibeis und Treibholz hat schon Phips[1] hingewiesen. — In der wissenschaftlichen Bearbeitung der Resultate der zweiten deutschen Nordpolarfahrt finden wir einmal über eine erdige Ablagerung auf einer Eisscholle folgende Mitteilung[2]: „Kapitän Koldewey fand auf einer schwimmenden Eisscholle eine erdige Ablagerung, deren Probe als grünlicher Schlamm erschien. Die von mir (Professor Ehrenberg) gemachte Analyse ergab in Präparaten 11 organische Formen und zwar 10 Polygasternarten, darunter 4 entschiedene Meeresformen und einen Spongolith. Die mikroskopische Prüfung zeigte einen feinen Mulm mit vereinzelt eingestreuten organischen Elementen, deren Mehrzahl aus Coscinodiscus minor in oft sehr kleinen Exemplaren und Spongolithis acicularis bestand. Vielleicht Guano grofser Vögel, die Süfswasser- und Seewassergewürm gefressen haben, wofür auch die grünliche, beim Glühen zerstörbare Farbe spricht.“ Auf Ablagerungen ganz ähnlicher Art stiefs James Clark Rofs und Dumont d'Urville[3]. Bei Kap Wynn (König Wilhelms-Land) fand Koldewey „grofse Massen von Seegewächsen längs des Ufers oder in Vertiefungen durch Eis und Flut gestrandet“, und in der Gael-Hamkes Bucht konnte man entlang der Flutmarke eine Menge vertrockneter Seepflanzen liegen sehen, „während man zugleich deutlich die Einwirkung der Meereswogen, ja stellenweise auch des andrängenden Eises wahrnehmen konnte“. Nares[4] schreibt einmal: „Dr. Mofs — Begleiter von Nares — hat ein Lager von Meeresalgen entdeckt, welches augenscheinlich letztes Jahr auf den Strand geworfen worden war. Indem es dort immer gefroren geblieben war, erscheint es noch wie frisch; gemischt mit ihm sind zahlreiche Crustaceen, hauptsächlich Arcturus und Nymphon mit Muscheln von Trochus und Cylichna. Diese Meeresalgen sind von den strandenden Hummocksmassen vom Boden abgerissen und an die Küste geschwemmt worden. Wenn wir eine Gelegenheit hätten, in einer Tiefe von 100 Faden zu dredgen oder dort, wo der Boden durch gestrandetes Eis abgescheuert ist, würden wir unzweifelhaft animalisches und vegetabilsches Leben, obgleich auf wenige Arten, beschränkt, antreffen.“

[1] Reise des Kapitän Phips nach dem Nordpol, S. 181.
[2] Die zweite deutsche Nodpolarfahrt, II, S. 452.
[3] Dumont d'Urville, II, S. 221, Nr. 32.
[4] Nares, II, S. 53.

Betrachten wir zum Schluſs dieses Abschnittes, der den Einfluſs des Treibeises auf die Vegetation darstellen sollte, die Würdigung dieser seiner Wirksamkeit, wie sie ihm durch Spörer, Koldewey und Griesebach zu Teil geworden ist. Über die Vegetation Nowaja-Semljas sagt Spörer[1]: „Es giebt hier Pflanzen, die es nie bis zur Blütenbildung bringen, sondern nur in der Blätterbildung vegetieren, so Tussilago frigida, Salix Brayi und das einzige Vaccinium, das hier vorkommt. Sie deuten darauf hin, daſs Nowaja Semljas Pflanzenwelt von Strandungen aus der Nachbarschaft unterhalten wird. Bei anscheinend gleicher Beschaffenheit des Bodens ist die Küste im allgemeinen reicher mit Pflanzen besetzt, als die von ihr mehr entfernten Gegenden, dagegen Küstenstriche, vor welchen Inseln liegen, weniger als diejenigen, vor welchen keine Inseln sind. Das Eis ist das Transportmittel für die Auswanderer. Leopold von Buch hat nachgewiesen, daſs eine gröſsere Mannigfaltigkeit der Formen im Verhältnis zu ihrer Anzahl die Inselfloren charakterisiert. Das bunte Gemisch von Individuen verschiedener Arten unter einander, welches durch alle Vegetationsformen Nowaja Semljas fast ohne Ausnahme hindurchgeht, zeigt dieses Gesetz in seiner energischsten Ausprägung. Nach Schrencks Beobachtung stimmt Nowaja Semljas Flora mehr mit der des Ural, als mit der lappländischen überein. Spitzbergens Flora, soweit sie aus den Sammlungen von Scoresby und Sabine bekannt geworden ist, ist fast ohne Ausnahme in Nowaja Semlja gefunden worden; auſserdem sind noch einige Pflanzen eingewandert, die man bisher nur in Nordamerika gefunden hat.“ Dieselbe Erfahrung machte die deutsche Nordpolarexpedition an der Küste Grönlands im König Wilhelms-Lande[2]. Wir lesen darüber Folgendes; „Den Inseln des Küstensaumes sind einige Pflanzen eigentümlich, von denen man vermuten darf, daſs ihre Samen ursprünglich durch den Eisstrom, welcher an diesen Küsten nach Süden streicht, von den nordasiatischen Gestaden durch die Wüsteneien des Polarozeans nach Ostgrönland geführt worden sind, gleichwie durch dieselbe Strömung stets bedeutende Massen von Treibholz aus den sibirischen Flüssen an die Küsten jenes Landes geschwemmt werden.“ Professor Griesebach geht aber in seinen Konsequenzen und in seinem Enthusiasmus für eine lediglich auf Treibeisthätigkeit beruhende Verbreitungstheorie der polaren Flora zu weit, wenn er behauptet, daſs die ganze grönländische, spitzbergische u. s. w. Vegetation allmählich von Ost nach West, von den Küsten

---

[1] Pet. Geogr. Mitt. E. B., V, S. 72.

[2] Die zweite deutsche Nordpolarfahrt, I, S. 680.

Sibiriens bis zur Westküste Grönlands auf dem Rücken des Eises gelangt sei. Im zweiten Bande der Bearbeitung der zweiten deutschen Nordpolfahrt findet sich hierüber die folgende bemerkenswerte Stelle: „So anerkennenswert auch Grisebachs Bestreben ist, die Verbreitung der Arten durch Vorgänge zu erklären, welche noch gegenwärtig wirksam sind, so darf man doch die Bedeutung der Eiswanderungen von Sibirien nach Grönland nicht unterschätzen. Einige Pflanzenarten mögen allerdings auf dem angedeuteten Wege nach Grönland gelangt sein, so vielleicht namentlich mehrere der dem Osten des Landes eigentümlichen Arten. Die Hauptsache der Vegetation kann indefs wohl nicht auf diese Weise in Grönland angesiedelt worden sein, auch wird man nicht annehmen wollen, dafs ein so grofses Land ehemals ohne alle Vegetation gewesen sei".

b. Das Treibeis als Transportmittel für animalische Organismen.

In diesem Abschnitt kann es sich eigentlich nicht um die im Meere lebenden „robbenartigen" Säugetiere handeln, welche bisweilen das Eis als Ruheplatz sich auswählen, ebensowenig um Vögel, welche auf ihren Zügen oder auf ihrem Wege nach Nahrung sich zeitweilig auf den Spitzen der Hummocksberge niederlassen, um zu ruhen. Vielmehr soll hier diejenige Transportationsthätigkeit des Treibeises einer Betrachtung unterzogen werden, die sich auf solche animalische Organismen bezieht, die, auf ein gewisses Gebiet beschränkt, vermittelst des Treibeises nach einem anderen Gebiete gelangen können. Es handelt sich also im wesentlichen um die Landtiere. Sie würden eben ohne das Treibeis in ihre neuen Aufenthaltsstätten nicht verbreitet worden sein. Ein den Polarfahrern sehr bekannter Fahrgast des Treibeises ist der Eisbär. Besonders im Winter, wenn die Meeresfläche durch eine Eisdecke beinahe wie durch eine Brücke, die von Land zu Land geht, überspannt ist, entfaltet der Eisbär seine Thätigkeit auf dem Eise. Er führt in der That das auf die Eisgegenden hinweisende Attribut in seinem Namen, denn er hält sich fast mehr auf dem Eise, als auf dem Lande auf. Er unternimmt bisweilen grofse Reisen und wird dabei in Gegenden verschlagen, in denen man seine Gegenwart nicht vermutet hätte. So beobachteten die Mitglieder der österreichischen arktischen Beobachtungsstation auf Jan Mayen erst im Winter das Erscheinen von Eisbären auf dieser Insel und folgerten daraus ein Zusammenschliefsen des Eises nach

Grönland zu. Die schwedischen Expeditionen berichten von der Verbreitung des Eisbären durch Treibeis Folgendes[1]: „Der Eisbär kommt mit dem Eise im Winter nach Bären-Eiland, so daſs er oft 20—30 Meilen weit vom nächsten Lande angetroffen wird. Parry fand ihn auf dem Eise noch unter 82½° n. Br. Er besucht daher nicht selten die Küsten Islands, ja, er ist in älterer und neuerer Zeit nicht selten an der Nordküste Norwegens wahrgenommen worden.“ Greely fand einen Eisbär mitten zwischen kleinen auseinander gegangenen Schollen auf einer derselben weit drauſsen in der Melville-Bai.

Auch die Polarfüchse, die wie der Eisbär im Winter gezwungen sind, ihre Nahrung auf dem Eise zu suchen, vertrauen sich demselben an und entfernen sich bedeutende Strecken vom Lande. So sah Dr. Buchholz, ein Mitglied der zweiten deutschen Polarexpedition in der Nähe des Scoresby-Sundes[2] „die Polarfüchse meilenweit vom Lande auf treibenden Eisschollen, die durch weite Wasserstreifen von einander getrennt waren, und auf denen sie wahrscheinlich an den Überresten der Mahlzeiten der Eisbären ihre Nahrung finden. Mit groſser Geschicklichkeit gehen sie von einer Eisinsel auf die andere, indem sie kleinere, im Wasser schwimmende Eisstücke als Anhaltspunkte benutzen.“ In Peterm. Geogr. Mitteilungen[3] lesen wir einmal: „Es sind nicht vereinzelte Eisberge, die der Polarstrom nach Neufundland führt, sondern ausgedehnte Massen, die ein polares Klima und eine polare Fauna mit sich tief in südliche Breiten führen. Nach dem Geologen Inkes gelangen mit dem Treibeise noch Walrosse und Eisbären an die neufundländischen Küsten, und die Bewohner gehen nicht bloſs auf Robbenschlag, sondern auch auf die Eisbärenjagd in den Breiten von Mainz, Paris, Cherbourg, Brest.“ Über einige andere durch Treibeis verbreitete Tiergattungen der polaren Fauna schreibt Heuglin[4] Folgendes: Nach Spitzbergen scheint der Halsbandlemming, der nördliche Vertreter der Nagetiere und überhaupt der gesamten kleinen Säugetierwelt, nur zufällig auf dem Eise verschlagen zu werden. Parry fand ein Skelett auf Eisfladen nördlich von Spitzbergen. Man findet ihn im arktischen Nordamerika und den benachbarten Inseln, Grönland, am Taimyr bis 75½° n. Br. und auf den neusibirischen Inseln, ebenso an der Küste des Eismeeres zwischen dem Weiſsen Meere, Kanin, Obj, Jana; endlich auf Unalaschka, fehlt

---

[1] Die schwedischen Expeditionen, S, 89.

[2] Die zweite deutsche Nordpolfahrt, II, S. 159.

[3] Pet. Geogr. Mitt. 1865, S. 155.

[4] Heuglin, III, S. 8, 16, 21, 28, 36.

aber in Lappland ..... Auffallend ist sein Erscheinen auf Unalaschka (54° n. Br.), und er kommt dort wahrscheinlich nur durch Treibeis so weit über seinen ursprünglichen Wohnbezirk hinaus ..... Der Eisfuchs ist über ganz Spitzbergen und Nowaja Semlja verbreitet, haust nahe am Strande, selbst auf Holmen und Inseln, auf welche er ohne Zweifel über das feste Eis gelangt ..... Der Wolf folgt im Winter dem Renntiere über die Karische Pforte auf dem Eise. Er wagt sich weniger gern und weit über das Eis, als das Renntier .... Das Renntier kommt auf Spitzbergen, König Karls-Land, Nowaja Semlja vor. Es scheint über das feste Eis eine Einwanderung von Nowaja Semlja nach Spitzbergen stattzufinden. Im allgemeinen scheint es nordwärts auf dem Eise in noch nie von Menschen betretene Gegenden zu wandern".

Es sei endlich noch des Falles gedacht, wo das Treibeis, wenn es sich im Winter von Küste zu Küste zieht, auch vom Menschen gewissermaſsen als Transportmittel benutzt wird. Sarytschew berichtet[1], daſs die Schalagischen Tschuktschen vom Schalagischen Vorgebirge aus auf dem Eise mit Renntieren nach dem Bericht des Kapitän Schmalew bis zu dem „unbekannten Lande im Norden" fahren. Hier möge indeſs eine Stelle citiert werden, welche eine Verbreitung der Renntiere über das Eis des Meeres nach dem Wrangel-Land zweifelhaft macht. In William Gilders „Eis und Schnee" lesen wir[2]: „Von Tieren sind auf dieser Insel (Wrangel-Insel) nur einige Füchse und Feldmäuse vorhanden, die gelegentlich herüberkommenden Eisbären abgerechnet, von denen unsere Leute hier schon 3 erlegt haben. Nirgends aber haben sich Anzeichen gefunden, daſs Renntiere oder Moschusochsen hier jemals vorgekommen sind, und wir müssen demnach die Richtigkeit von Kapitän Dallmans Angabe bezweifeln, der auf Wrangel-Land gelandet sein, eine reiche Vegetation, sowie Spuren von Renntieren und Moschusochsen gesehen haben will".

Die Verbreitung der Eskimos läſst sich in den Polargebieten am leichtesten unter Zuhülfenahme der Treibeisthätigkeit als Transportmittel erklären. Bemerkenswert sind auch die vielfachen S c h o l l e n f a h r t e n, die nicht allein die Einwohner der Polargegenden, sondern auch schiffbrüchige Polarreisende, Walfischfänger u. a. haben machen müssen. Indem so das Treibeis auf der einen Seite als zerstörende

---

[1] Grawrilla Sarytschews 8jährige Reise im nordöstlichen Sibirien, I, S. 100.
[2] In Eis und Schnee, S. 70.

Kraft den Untergang des Schiffes herbeiführt, bietet es zugleich auf seinem Rücken einen Ersatz für das Verlorene und vermag meilenweite Wege auf dem Ocean zurückzulegen.

c. Indirekte Wirkungen des Treibeises bei seiner Transportationsthätigkeit.

Dieselben reihen sich sehr unvermittelt aneinander und zeigen, wie eigentümlich und weitgreifend die Thätigkeit des Treibeises sich entfalten kann. Eine interessante Beobachtung machte Bessels bei Kap Lucie auf der Petermann-Halbinsel (Nordgrönland) inbezug auf die Verbreitung erratischer Blöcke und der Lemmingsröhren, welche in die unterirdischen Wohnungen dieser Tierchen führen. Bessels schreibt darüber: „Es mag vielleicht der Erwähnung wert sein, daſs die Verteilung der Lemmingsröhren sich nach den erratischen Blöcken richtete, die auf dem Flachlande zerstreut lagen. Die zahlreichsten Schlupflöcher fanden sich stets dicht um die Findlinge gruppiert, so daſs die Gänge nach dem Felsblock konvergierten. Auf diese Weiee waren die Tierchen teilweise vor der Nachstellung der Füchse gesichert; denn der Kessel, in dem die Röhren zu endigen pflegen, lag gewöhnlich unter der Masse der Felsen.“ Insofern nun die Blöcke durch Treibeis in jene Gegenden gelangt sind, kann man den indirekten Einfluſs desselben auf die Gestaltung des Tierlebens erkennen. In dem obigen Falle unterstützt es den Erhaltungstrieb der Lemminge gegenüber den feindlichen Angriffen der Füchse. Das folgende Beispiel wird in einem anderen Falle die entgegengesetzte Wirkung des Treibeises lehren. Die „schwedischen Expeditionen“ berichten von ihrer Spitzbergischen Reise einen Fall, wo das Treibeis durch seine Fähigkeit, Inseln miteinander und mit dem Festland zu verbinden, einen zerstörenden Einfluſs auf die Vogelwelt dieser Inseln ausübte. „In den meisten Häfen sind riffartige Felsen, sogenannte Holme, vorgelagert, auf denen ungeheure Schwärme von Alken und anderen kleinen Vögeln nisten, die, sobald das Eis aufgetaut ist, vor den Füchsen sicher sind. Sie kommen daher erst Anfang oder Mitte Juli.“ An einer anderen Stelle ihres Berichtes lesen wir: „.... Darum bleibt aber auch mancher Holm das ganze Jahr hindurch unbesucht, wenn das Eis zwischen demselben und dem Festlande nicht zeitig genug auftaut.“

Wenn in einem der vorhergehenden Abschnitte, wo es sich um die durch die Transportationsthätigkeit des Treibeises bewirkte Verbreitung

und Verpflanzung animalischer Organismen handelte, hervorgehoben wurde, daſs es sich hierbei wesentlich um die Verbreitung von Landtieren handle, die nicht mit Organen ausgestattet seien, um im Meere groſse Reisen machen zu können, und wenn es weiter keiner Erwähnung bedarf, wenn einzelne Treibeisschollen gelegentlich einmal von einer Robbenherde oder von einem Vogelschwarm als Ruheplatz benutzt werden, so ist es immerhin der Beachtung wert, daſs gerade in der Möglichkeit, weit vom festen Lande entfernt auf den schwimmenden Eisinseln einen Platz zum Ausruhen zu finden, ein nicht zu unterschätzender Einfluſs auf die Verbreitung der robbenartigen Säugetiere liegt. Ich will hier die Frage unerörtert lassen, ob auch ohne das Treibeis diese Tiere dieselbe Verbreitung besitzen würden, sondern nur die Thatsache konstatieren, daſs sie sich meist nur innerhalb der Treibeisgrenzen aufhalten, und daſs sie nicht wie die Fische immer im Wasser zu leben vermögen, sondern bei manchen Verrichtungen ans Land zu gehen gezwungen sind, was ihnen insofern erleichtert wird, als das Meereis mit seinen mächtigen Feldern die Stelle des Landes zu vertreten imstande ist. Die Thatsache, daſs auch andere Meerestiere vom Walfisch bis herab zu den kleinsten Meeresbewohnern, besonders häufig innerhalb der Treibeisgebiete angetroffen worden sind, entzieht sich an dieser Stelle unserer Betrachtung, denn von einer Transportationsthätigkeit des Treibeises läſst sich in diesem Falle schwerlich sprechen. Hier sei noch einer Thatsache Erwähnung gethan, die sich eng mit seiner Rolle als Ruheplatz verknüpft, und welche lehrt, daſs es mit dieser das animalische Leben fördernden Thätigkeit zugleich einem dem Tierleben unheilvollen Zwecke dient, indem es eine geeignete Stätte des Walroſs- und Robbenfanges darstellt. Wenn es sich hierbei auch passiv verhält, so spielt es doch insofern keine zu unterschätzende Rolle im Haushalte der Natur, als es die bisweilen sehr bedeutenden Überreste und Rückstände getöteter Walrosse und Robben, welche die Robbenschläger als wertlos zurücklassen, mit fortführt und auf seinem ganzen Wege den nordischen Raubvögeln als willkommene Gabe darbietet. In welcher Beziehung das Vorkommen des Treibeises zu dem der Robben steht, schildert Bessels mit folgenden Worten[1]: „In kleinen Rudeln vereinigt wirft die Klappmütze bald auf dem Packeise des hohen Meeres, bald auf den Feldern, welche das Land säumen, im März oder April ein einziges Junge. Sie überschreitet wahrscheinlich nicht den 76. Breitengrad... Wenn die Märzorkane und die damit verbundenen Sturmfluten das Eis brechen, welches

[1] Bessels, Die amerikanische Nordpolexpedition, S. 430, 444.

die Häfen von St. Johns, Catalina, H^r Grace und der übrigen Robbenschlägerstationen deckt, so lichten die Schiffe die Anker und stechen unverzüglich in See, denn nun „setzen sich“ die Robben, um ihre Jungen zu werfen; niemand weifs, woher sie kommen, niemand, wo sie während der letzten Monate vor ihrer Ankunft sich aufhalten. Plötzlich erscheinen sie; aber nicht vereinzelt, nicht zu Hunderten, — nein nach Tausenden mufs man sie zählen, denn dicht gedrängt bedecken sie meilenweit das Eis. Gewohnheitsgemäfs suchen die Muttertiere zu ihren Wurfplätzen grofse Felder aus, stark genug, um dem Sturme und dem Wogendrange zu widerstehen. Es hängt lediglich von der Beschaffenheit des Eises ab, ob die Tiere nahe an dessen Aufsenkante lagern oder weit von ihr entfernt sind. Liegt vor der Hauptmasse des Packeises eine ausgedehntere Masse jüngeren Eises, so wird diese von den Schiffen durchbrochen, denn hinter ihr erwartet der Jäger seine Beute zu treffen. Stöfst er dagegen sogleich auf ältere Felder, so folgt er deren Rändern, weil die Robben es lieben, halbinselartige Eiszungen aufzusuchen, von denen die Jungen leicht nach dem Wasser gelangen können“. Über den Anblick, den das Eis nach einer Robbenjagd gewährt, giebt Bessels folgende Schilderung[1]: „Nach einem Tage einer Robbenjagd ist das Eis blutgetränkt wie ein Schlachtfeld, der Schnee meilenweit gerötet von den Fufstritten der Schlächter. Zu umfangreichen Haufen aufgetürmt, bedeckt die regungslose Beute die Umgebung. Diese aber ist eine trügerische. Ein leichter Wind kann das Eis in Gang bringen, eine hohe Flut die Felder zertrümmern, — und dann sind Tausende armer Geschöpfe zwecklos gemordet und verfallen dem Meere, dem sie entstammen... Mitunter bemächtigen sich der Robbenbeute die Bewohner der Küste. So wurden von der Bevölkerung Bonavistas im Frühling 1872 gegen 5000 Robben in Beschlag genommen, welche mit dem Eise ans Ufer trieben.“

---

[1] Bessels, S. 446, 447.

IV.

ANDERE MECHANISCHE WIRKUNGEN DES TREIBEISES.

---

1. EINFLUSS AUF DIE DÜNUNG, TIDENBEWEGUNG UND WINDE.

In dem vorliegenden Abschnitt wird eine Gruppe von Erscheinungen zur Sprache kommen, die nur in einem geringen Zusammenhang mit den früheren Teilen stehen, insofern aber von Interesse sind, als sie zu einem Gesamtbild der mechanischen Wirkungsweise des Treibeises das noch Fehlende ergänzen.

Betrachten wir zunächst den Einflufs des Treibeises auf Dünung und Tidenbewegung. Wenn das Meer mit einem festen Mantel von Eis bedeckt ist, so wird sich die Kohäsionskraft der Teile des letzteren dadurch geltend machen, dafs sie senkrechte Auf- und Abbewegungen der Teile des darunter befindlichen flüssigen Mediums abschwächt, wenn nicht ganz verhindert. Die auf- und niederschwingenden Flüssigkeitsteilchen erleiden einen Energieverlust und werden allmählich in einen Gleichgewichtszustand versetzt. Diese Wirkung setzt aber voraus, dafs die Eisdecke eine genügende Festigkeit besitzt. Sie wird daher im Winter erst zur Zeit des Maximums der Eisdecke, d. i. in den Monaten Januar, Februar und März, zur vollsten Geltung gelangen und in den Herbstmonaten infolge der gröfsten Eisauflockerung ein Minimum ihrer Stärke erreichen. Da aber die Teilchen des Meerwassers nicht nur eine in senkrechter Richtung vor sich gehende, sondern auch eine fortschreitende Bewegung besitzen, so wird der Einflufs einer stabil gedachten festen Decke, welche auf dem Meere liegt, auch in einer Modifikation der zweiten Bewegungsart erkennbar sein. Die ganze Oberflächenschicht des Wassers reibt sich an der unteren Fläche der Eisdecke und erleidet dadurch eine Geschwindigkeitsabnahme. Wir haben somit eine doppelte Wirkung des Treibeises an seiner Berührungsfläche mit dem Meere konstatiert: eine Abschwächung der horizontal- und der vertikal-verlaufenden Bewegungen des Meerwassers. — Genau dieselbe Erscheinung bietet sich an der Berührungsfläche des Eises mit der Atmosphäre dar. Sie beruht hier

auf denselben physikalischen Vorgängen und besteht ebenfalls in einer Abschwächung der Luftbewegungen.

Es ist bereits hervorgehoben worden, daſs die Wirkungsfähigkeit des Treibeises von seiner Festigkeit abhängt, und daſs man im allgemeinen entsprechend der graduellen Zunahme des Eises an Dicke und Ausdehnung und der ebenso allmählich vor sich gehenden Abnahme desselben ein Maximum und ein Minimum in seiner Wirkung erkennen kann. Betrachtet man aber die Bewegungen in der Hydrosphäre und Atmosphäre, wie sie sich im groſsen und ganzen gleichzeitig und aufeinanderfolgend abspielen, so bietet sich uns ein buntes Bild, ein unaufhörlicher Wechsel dar. Die Eisdecke, die sich im Winter zwischen diese beiden Medien legt, wird durch deren Bewegung wesentlich beeinfluſst. An manchen Orten ist die vereinigte Wirkung des Windes und der Strömung stark genug, um überhaupt eine zusammenhängende Eisbedeckung gar nicht zustande kommen zu lassen. An anderen Orten wird die Jungeisdecke, kaum daſs sie sich gebildet hat, aufgebrochen und vernichtet. Und die ungeheuren Hummocksmassen der nordamerikanischen Teile des Polarmeeres, die Torosse der sibirischen Gewässer liefern den besten Beweis von dem groſsen Wechsel, dem das Meereis unterworfen ist. Das im Anfang dieser Betrachtung zu grunde gelegte Idealbild einer stabilen, festen Eisdecke ist also in Wirklichkeit selten vorhanden. Dem entsprechend modifiziert sich auch die „abschwächende“ Wirkung des Treibeises in mehr oder weniger hohem Grade.

Schon John Roſs machte die Erfahrung[1], daſs „das Meer innerhalb des Eises ruhig sei“. Von seiner zweiten Entdeckungsreise erzählt er[2]: „Gerade bei dem stärksten Sturme kann das Eis schützend wirken. Während wir in der Nähe eines drohenden Felsens während des heftigen Sturmes groſse Eisinseln gefahrdrohend auf uns zukommen sahen, legten sich dieselben so um unser Schiff herum, daſs alles ruhig wurde. So hatten wir mitten in der tobenden See ein spiegelglattes Wasser. Am äuſseren Rande setzten sich neue Massen blauen Eises an. Das Meer brach sich über ihnen in furchtbarer Weise“. Derselbe Verfasser berichtet auch einmal von dem Einflusse des Treibeises auf die Tidenbewegung, wie er ihn an der Ostküste der Boothia-Halbinsel während seines dreijährigen Aufenthalts konstatiert hat[3]: „Das hohe Wasser war eine Stunde früher da, als in der vorigen

---

[1] Die zweite Entdeckungsreise, I, S. 115.
[2] Ebenda I, S. 189.
[3] Ebenda I, S. 158.

Nacht zum deutlichen Beweise, wie unregelmäfsig die Fluten in dieser Gegend sind, was ohne Widerrede durch die komplizierte Thätigkeit der Winde und des Treibeises bedingt wird". Über den Einflufs der Eisbedeckung der Davis-Strafse und Baffins-Bai auf die Dünung und auf die damit zusammenhängende Bildung von Landeis schreibt Dr. Boas[1]: „Die Bedingungen für die Bildung dieser Eisflächen (Landeisflächen an den Küsten des Baffins- und Grönlandes) sind wesentlich in der Gestaltung der langgeahnten Buchten und dem Fehlen heftiger Strömungen zu suchen, die wohl überall den eigentlich gestaltenden Einflufs auf das Landeis haben. Ferner mufs die völlige Eisbedeckung der Baffins-Bai im Winter als Faktor berücksichtigt werden. Diese bewirkt, dafs sich hier im Winter durchaus keine Dünung entwickeln kann, welche weiter im Süden so zerstörend auf die Eismassen einwirkt. So lange im Herbst noch eisfreie Flächen sich in der Bai finden, sind nur die Buchten dauernd überfroren, und noch bis Januar kann das Eis, welches nicht in ganz geschützten Buchten liegt, aufbrechen. Später aber, wenn das ganze Meereis von Packeis erfüllt ist, bildet sich rasch das Landeis in der oben beschriebenen Ausdehnung." Die Beobachtung, welche Koldewey, der Führer der zweiten deutschen Nordpolarexpedition, inbezug auf Eisbildung und Dünung machte, legt er in folgenden Worten nieder[2]: „Die Eisbildung geht in der Weise vor sich, dafs zunächst einige Nadeln zusammenschiefsen, die zunächst gar keinen Zusammenhang haben, dann einen dicken Brei bilden und endlich sich zu einer Decke vereinigen, welche so biegsam ist, dafs sie bei einer Dicke von 10 mm die Dünung und den Wellenschlag, natürlich gedämpft, in schön gerundeten Wellen fortpflanzt, ohne dadurch zu zerreifsen." Die Mitglieder der österreichischen arktischen Beobachtungsstation auf Jan Mayen machten daselbst die Erfahrung, dafs im Winter, wenn das Eis bis nahe an die Insel reichte, „die Nähe der Eisgrenze keine Brandung zur Entwicklung kommen liefs". In dem Bericht der schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Eiland lesen wir über die durch Treibeis bewirkte Beeinflussung der Wellen- und Luftbewegung folgendes[3]: „Nicht allein die Wellenbewegung, sondern auch der Wind wurde schwächer, wenn man in ein noch so dünnes Eisfeld kommt, und umgekehrt nimmt beides zu, sobald man das Eis verläfst. Diese den Spitzbergen-Fahrern wohlbekannten Erscheinungen beruhen darauf,

[1] Pet. Geogr. Mitt., XVII. E. B., S. 59.
[2] Die zweite deutsche Norpolarfahrt, I, S. 433.
[3] Die schwedischen Expeditionen, 1864, S. 409.

daſs die Wogen, indem sie gegen groſse Eisstücke stoſsen, nach verschiedenen Seiten abgelenkt werden, aufeinander treffen und dadurch ihre Kraft verlieren." Denselben Einfluſs konstatierte James Clark Roſs, als er sich im Südpolarmeere (66° 55′ s. Br., 74° 34′ ö. L.) ins Packeis begab. Der Wind nahm allmählich ab, je weiter er ins Packeis kam. — Aus Weyprechts Vortrag über die zweite österreichisch-ungarische Nordpolarexpedition entnehmen wir folgende hierher gehörige Stelle[1]: „Die Winde werden, wie jeder arktische Seemann weiſs, durch das Eis selbst gedämpft. Sehr häufig sieht man in gar nicht bedeutender Höhe die Nebelballen in raschem Fluge vorüberziehen, während unten fast Windstille ist." Es möge endlich noch einer Bemerkung Chavannes gedacht werden, die sich in seiner 1875 veröffentlichten Abhandlung über „die Eisverhältnisse des Grönländischen und Spitzbergischen Meeres" findet. Über das Flut- und Ebbephänomen sagt er daselbst[2]: „Überall dort, wo sich dasselbe im arktischen Polarbecken zeigt, ist es der Hinweis auf die Existenz einer freien Wasserverbindung, da unter einer permanenten und kontinuirlichen Eisdecke von einer Fortpflanzung der Flutwellen kaum die Rede sein kann."

2. AUSSÜSSUNG DES MEERES. ÄNDERUNG DES SPECIFISCHEN GEWICHTS DES MEERWASSERS UND DES MEERESNIVEAUS.

Die Veränderung des Mischungsverhältnisses der Bestandteile, welche das Meerwasser ausmachen, bei der Eisbildung ist schon in der Einleitung der vorliegenden Arbeit kurz gestreift worden. Es war dort diese Veränderung als ein chemischer Umwandlungsprozeſs bezeichnet worden. Dieselbe ist aber, wenigstens in der Hauptsache, eine Ausscheidung rein physikalischer Natur. Es möge hier auf die in der Einleitung zitierte Stelle v. Richthofens hingewiesen werden. Auf Grund dieser Veränderung, die sich in jedem Winter wiederholt, ist es leicht erklärlich, wie eine anfangs dünne Oberflächenschicht des Meeres entstehen kann, die durch ihre spezifische Beschaffenheit und Gewicht sich von dem übrigen Meerwasser unterscheidet, und wie diese Schicht im Laufe der Jahre an Mächtigkeit zunehmen kann. Denken wir uns das Polarmeer mit Meerwasser von der gewöhnlichen Beschaffenheit homogen erfüllt, und denken wir uns ferner eine Eis-

[1] Pet. Geogr. Mitt. 1875, S. 53.
[2] Ebenda S. 262.

decke im Laufe eines Winters sich darüber lagernd und ein Maximum an Dicke erreichend, so wird bis zu diesem Zeitpunkt eine gewisse Menge von Salzen in das Meerwasser übergehen und sich auch tieferen Schichten mitteilen. Das Meer ist also um die freigewordenen Salze reicher geworden. Von dem Moment des Schmelzens an breitet sich nun eine relativ süfse Schicht Wasser über das Meer aus, schwimmt infolge ihres geringeren spezifischen Gewichts auf dem Meere und bleibt daher bis zu einem gewissen Grade mit dem darunter befindlichen Meerwasser unvermischt. Im folgenden Winter geht dieser Ausscheidungsprozefs wieder vor sich; die Oberflächenschicht wird noch süfser und die „Brackwasserschicht“, wenn man die zwischen der ersteren und den tieferen Schichten des Meeres liegende Übergangsform so bezeichnen darf, wird in eine gröfsere Tiefe herabgedrückt. Diese Aussüfsung geht nun solange vor sich, bis keine Ausscheidung mehr an der Oberfläche des Meeres durch Gefrieren derselben stattfindet. Ein solcher Endpunkt dieses Prozesses würde nur eintreten können, wenn nicht andere Ursachen vorhanden wären, die eine Durchmengung und Vermischung der süfsen mit den salzigen Teilen herbeiführen und bis zu einem gewissen Grade die aussüfsende Thätigkeit des Treibeises aufheben. Nichtsdestoweniger ist sie aber fast in allen eisbedeckten Teilen der Polarmeere erkennbar, an einigen Stellen, besonders an den Küsten der polaren Landgebiete entlang, durch das reichliche Schmelzwasser vom Lande her in ihrer Wirkung verstärkt, an anderen Stellen, vor allem an der Grenze der kalten und warmen Meeresströmungen, fast ganz aufgehoben. — Die Veränderung des spezifischen Gewichts ganzer Oberflächenschichten im Meere mufs nach den Gesetzen des Gleichgewichts eine Niveauveränderung bedingen. Gehen wir von einer in einer gewissen Tiefe homogenen und dem Niveau nach gleich hohen Schicht aus, welche wir als Basis für die oberen Schichten des Eismeeres betrachten wollen, so befindet sich dieselbe nur dann im Gleichgewicht, wenn sie überall denselben Druck empfängt. Lagern daher Flüssigkeitsmedien von verschiedenem spezifischen Gewicht über dieser Basis, so tritt dort, wo das leichtere Medium sich befindet, von unten her ein Zuflufs, und dadurch eine Erhöhung der Flüssigkeitssäule ein, wie es ja die Physik an kommunizierenden Röhren, die mit spezifisch verschieden schweren Flüssigkeiten gefüllt sind, ad oculos demonstriert. Wie schon hervorgehoben, wird sich diese Niveauerhöhung an allen Küsten der polaren Landgebiete bemerkbar machen. Zieht man in Betracht, dafs infolge der Gravitation überhaupt schon eine Erhebung des Meeresniveaus nach den Küsten zu stattfindet, so zeigen die

Polarmeere diese Erscheinung nach dem Obengesagten in noch höherem Grade als die Meere niederer Breiten. So viel ich weiſs, hat man diese Ungleichartigkeit im Meeresniveau noch nicht einmal in niederen Breiten durch Zahlen fixiert, um daraus auf die Gröſse der Wirkung der Anziehung der Festlandsmassen einen Schluſs ziehen zu können. Wenn es dann möglich ist, auch in den Polarmeeren die Erhebung des Meeresniveaus nach den Küsten zu zahlenmäſsig festzustellen, so vermag man zuletzt auch für die Gröſse der Wirkung des Treibeises eine Zahl anzugeben, indem man diejenige, welche der Wirkung der Massenanziehung durch die polaren Landgebiete entspricht, von der durch Messungen festgestellten Gesamtsumme abzieht. An eine derartige mathematische Behandlung geographischer Fragen ist wohl noch nicht herangetreten worden. Die Aufstellung der notwendigen Zahlen findet ihre Schwierigkeit in praktischen Hindernissen. Der Zukunft wird es vorbehalten sein, diese Aufgaben zu lösen.

Einige Zitate aus den Berichten einiger Polarforscher werden die durch das Treibeis hervorgerufene Doppelwirkung der Aussüſsung und Veränderung des spezifischen Gewichts in den oberen Schichten der Polarmeere am besten illustrieren. Über das Karische Meer schreibt Nordenskiöld[1]: „In dem flacheren Teile des Karischen Meeres ist das Wasser auf dem Boden fast ebenso salzig wie im Atlantischen Ocean und das ganze Jahr hindurch bis zu einer Temperatur von — 2° bis — 2,7° abgekühlt. Dagegen ist das Wasser an der Oberfläche in seiner Beschaffenheit stark wechselnd, mitunter an gewissen Stellen beinahe trinkbar und während des Sommers oft stark erwärmt. Hier findet das eigentümliche Verhältnis statt, daſs das Oberwasser infolge seines geringen Salzgehalts zu Eis gefriert, wenn es der Temperatur ausgesetzt ist, welche in den salzigen Wasserschichten nächst dem Meeresboden herrscht.“ — Bei Nares findet sich folgende Stelle über den Salzgehalt der Hummocks, welche er an der Nordküste des Grinnell-Landes antraf[2]: „Obgleich umgeben von grossen Massen Meereises alten Datums, ist es doch schwer, irgend welches vollkommen salzfrei zu finden. Nach Dr. Colan soll es überhaupt nie ganz frei sein, obgleich bisweilen vollkommen trinkbar. An einem mächtigen alten Hummocksberge entdeckten wir unter der Schneedecke zunächst eine 1¼ Zoll dicke Schicht krystallisierten Schnees, darunter ein 10 bis 12 Zoll dickes Lager von vollkommen salzfreiem, reinem Eise, dann erst kam das salzige Eis, aus dem der ganze Berg besteht. Ge-

---

[1] Die Fahrt der Vega, I, S. 160.

[2] Nares, I, S. 168.

legentlich befindet sich zwischen dem ganz reinen und dem salzigen Eise granuliertes Eis weniger solid, als das Eis darunter und darüber. Nach sorgfältiger Prüfung vieler Hummocksberge schliefse ich, dafs all das reine Eis sich aus dem geschmolzenen Schnee gebildet hat, der sich in Pfützen auf den alten Schollen sammelt." Die Untersuchungen, welche die „Vega" in der Nähe der Preobraschenski-Insel inbetreff des spezifischen Gewichts des Meerwassers anstellte, ergaben folgendes[1]: „Das spezifische Gewicht des Wassers betrug 1,026 bis 1,027, d. h. der Salzgehalt ist hier geringer als im Atlantischen Ocean .... Längs der Küste und eine gute Strecke ins Meer hinaus überstieg der Salzgehalt des Wassers nirgends 1,023 Prozent. Gewöhnlich betrug er 1,01 Prozent. Dies entspricht einer Mischung von einem Teile Meer- und zwei Teilen Flufswasser." Aus der Reisebeschreibung von Bessels entnehmen wir folgende Angaben[2]: „Das spezifische Gewicht des Meerwassers der Oberfläche aus 54 Beobachtungen wurde bestimmt zu 1,021 55 und ist etwas geringer als man a priori erwarten würde. Allein man mufs die Jahreszeit berücksichtigen, zu der die Beobachtungen angestellt wurden, und sich erinnern, dafs das Schiff, vom Eise umschlossen, sich während der ganzen Periode in einem engen Kanal befand (NB. Die Beobachtungsorte lagen zwischen 81° 35′ und 79° 36′ N. B.). Als mittleres spezifisches Gewicht findet Börgen[3] 1,024 11, für eine Zone zwischen der Eiskante und dem Polarkreise 1,024 93, im Robeson-Kanal giebt Nares[4] 1,022 45 an. Das absolute Maximum des spezifischen Gewichts an Bord der Polaris wurde um Mittag des 20. August bestimmt und betrug 1,01 88. Es ist ungemein hoch und könnte nur darin seine Erklärung finden, dafs man annähme, es hätten bedeutende Neubildungen von Eis stattgefunden. Als diese Beobachtung gemacht wurde, war das Wasser grün und besafs also nicht die Färbung, die man bei salzreichem Wasser voraussetzen würde. Das spezifische Gewicht des Meerwassers in der Nähe des Äquators beträgt 1,027, unter 40° B. 1,026, zwischen 40° und 50° B. 1,025, in der Nähe der Eiskante 1,024."

---

[1] Die schwedischen Expeditionen 1878—79, S. 319.
[2] Bessels, S. 550.
[3] Zweite deutsche Nordpolarfahrt, II, S. 679.
[4] Narrative of a voyage etc., II, S. 158.

3. INDIREKTE WIRKUNGEN DES TREIBEISES. EINFLUSS AUF DIE MEERESSTRÖMUNGEN UND DAS ORGANISCHE LEBEN IM MEERE.

Es ist klar, daſs durch die abschwächende und aussüſsende Thätigkeit des Treibeises, durch welche die Bewegungsart und Beschaffenheit des Meerwassers verändert wird, eine Veränderung in gröſserem Maſsstabe in den Strömungen der Polarmeere stattfinden muſs. Die Betrachtung eines besonderen Beispiels wird diese Erscheinung am besten illustrieren. Über den ostgrönländischen Polarstrom sagt H. Mohn in seiner Abhandlung: „Die Strömungen des Europäischen Nordmeeres“: „Der ostgrönländische Polarstrom wurzelt in den unbekannten Regionen nördlich von Spitzbergen und folgt im allgemeinen den herrschenden Winden. An der Auſsenkante des Eises ist die berechnete Stromgeschwindigkeit am gröſsten, 10—12 Seemeilen; an der Küste Grönlands weit geringer, 4—5 Seemeilen. Dies rührt auſser von den herrschenden Winden davon her, daſs erstens der Wind über dem Eise geschwächt wird, zweitens davon, daſs das Eis viel langsamer treibt, als die Oberfläche sozusagen des offenen Meeres für dieselbe Windesstärke, und drittens davon, daſs die Aussüſsung der oberen Wasserschichten durch Eisschmelzen und Süſswasserzufluſs vom Lande die Oberfläche gegen Grönland hin ganz beträchtlich hebt.“

In einer eigentümlichen Beziehung stehen gewisse Meeresorganismen zum Treibeis, und eine Beeinflussung der ersteren von seiten des letzteren ist unzweifelhaft. Es handelt sich hier nicht um solche Organismen, welche, wie die robbenartigen Säugetiere, oder auch wie etliche polare Landsäugetiere und Vögel, das Teibeis teils als Transportmittel oder als Ruheplatz benutzen, sondern um im Meere schwimmende Organismen vegetabilischer und animalischer Natur, deren Verbreitungsbezirk im wesentlichen mit dem des Treibeises zusammenfällt, die, indem sie sich gegenseitig zur Nahrung dienen, wechselseitig ihren Verbreitungsbezirk bedingen und durch eine letzte noch unaufgeklärte Ursache an das Treibeis gebunden sind. Einige Citate mögen das eben Gesagte bestätigen.

In dem Bericht der schwedischen Expeditionen lesen wir[1]: „Im allgemeinen ist es eine sonderbare Erscheinung, daſs man im Meere ein reiches Tierleben nur bei und zwischen dem Eise findet. Dieses gilt nicht bloſs von solchen Tieren, welche sich daselbst um auszu-

[1] Die schwedischen Expeditionen, S. 154.

ruhen verweilen, wie Seehunde und Walrosse, sondern auch von anderen. Der Grönlandswal, eines der gröfsten uns bekannten Tiere, findet nur zwischen dem Eise hinreichende Nahrung, ebenso der Narwal. Die meisten Seehunde fängt man in Grönland in den sogenannten Eisfjorden, wo das Binneneis ins Meer mündet. Man kann sicher sein, bei den Eisbergen Seesäugetiere und Vögel zu finden, welche hier ihre Nahrung suchen, und die Alken machen lange Wege, um wieder Eis zu erreichen, sobald dasselbe in der Nähe ihrer Nester aufgebrochen ist.“ — Über die Verbreitung der Walfische schreibt Heuglin[1]: „Die Walfische ziehen sich hauptsächlich nach der bis zum Jahre 1818 für undurchdringlich gehaltenen Eismauer zurück, welche die Mitte der Baffins-Bai einnimmt, allwo die Jungen aufgezogen werden. Die Nahrung besteht nur aus kleineren, niederen Seetieren, hauptsächlich Medusen, Aktinien, Krebsen, Clio borealis und anderen Weichtieren, die sich namentlich an den Kanten des Treibeises aufhalten.“ — Im Winterhafen Safe Cove (Hudsonsbai) beobachtete Parry[2] „Myriaden von kleinen Garnelen und Seeheuschrecken (cancer nugax), die sonst an der Oberfläche des Meeres gefunden wurden, ebenso zahlreich in den Höhlen und Löchern im Eise sich aufhielten, und die sich von organischen Resten nähren.“ Dieselbe Erfahrung machte John Rofs auf seiner zweiten Entdeckungsreise, als er sich im nördlichen Teile der Baffins-Bai befand. Er berichtete[3]: „Das Eis rund um die Schiffe war voll von Buchten und Löchern, worin sich Myriaden von kleinen Alken (Alca Alte) auf dem Wasser schwimmend befanden, mit einer grofsen Menge von Walfischen und Seeeinhörnern.“ An einer anderen Stelle schreibt er: „Das Eis trennt und löst sich immer mehr. Grofse Scharen von Alken bedecken bald die ganze Wasserfläche. Dieselben frafsen die Insekten, die auch dem Walfisch zur Nahrung dienen, verschluckten die Krabben und Granelen, wovon das Wasser wimmelte.“ — Es möge hier noch eine Stelle Erwähnung finden, die zwar nicht einen Einflufs des Treibeises auf Meeresorganismen konstatiert, aber insofern interessant ist, als sie den Unterschied der kalten Polarströmungen und der in die Polarregionen eindringenden warmen Strömungen hinsichtlich der Verbreitung der Diatomaceen hervorhebt. Wir lesen in dem Bericht Nordenskiölds über die Fahrt der Vega: „Im Grönländischen Meere findet man oft Wasser von entschieden brauner Färbung. Die beiden Fär-

[1] Heuglin, I, 79.
[2] Parry, III, S. 153.
[3] Zweite Entdeckungsreise, S. 30, 58.

bungen grün und braun werden durch einen im Meere befindlichen Schleim verursacht, den das blau scheinende Wasser (Golfstromwasser z. B.) nicht enthält.“ An einer andern Stelle schreibt er: „Der Schleim, der aus mehreren Arten Diatomaceen besteht und über Hunderttausende von Quadratmeilen verbreitet ist, bildet eine unerläſsliche Lebensbedingung nicht nur für die zahllosen Vogelschwärme der nordischen Meere, sondern auch für die Walfische. die Riesen der Tierwelt“. — Die Ursache, welche der eigentümlichen Erscheinung zu Grunde liegt, daſs gewisse Meeresorganismen gerade innerhalb der Treibeisgrenzen besonders häufig angetroffen werden, und welche den Zusammenhang der Verbreitung des Treibeises und dieser Organismen erklärt, liegt vielleicht in den mechanischen Veränderungen, welche das Treibeis hervorruft. Die Aussüſsung des Meerwassers an der Oberfläche, die Ausscheidung vieler Salze beim Gefrieren, welche den oberen Schichten des Meeres zu gute kommen, vielleicht auch die beruhigende Wirkung auf die Dünung, der schützende Einfluſs vor den Wirkungen heftiger atmosphärischer Bewegungen vermag als Ursache geltend gemacht zu werden. Ein genaueres Urteil wird indes erst möglich sein, wenn der Einfluſs des Treibeises nach allen Richtungen hin genügend erkannt worden ist. Wir beschränken uns daher vorläufig auf diese Andeutungen.

VITA.

Am 4. August 1865 zu Dresden geboren, habe ich von Ostern 1872 bis Ostern 1875 die II. Bürgerschule, darauf das Annenrealgymnasium (damalige Realschule I. Ordn.) bis Ostern 1884 besucht, habe dann auf dem Königlichen Polytechnikum zu Dresden hauptsächlich Mathematik studiert, um mich später dem Lehrfache zu widmen. Ich habe hier die Vorlesungen der ordentlichen Professoren DDr. Fuhrmann, Voſs, Rohn, Burmester, Töpler, Schmidt, Roth, Fritz Schultze gehört.

Von Ostern 1885 habe ich meine Studien an der Universität zu Leipzig fortgesetzt, hier hauptsächlich Mathematik, Physik und Geographie treibend und die Vorlesungen der ordentlichen Professoren DDr. Lie, Neumann, Bruns, Wiedemann, Ratzel, Wundt, Heinze, Masius, Hofmann, der auſserordentlichen Professoren Dr. Von der Mühll und Engel hörend.

Ostern 1889 habe ich mein Staatsexamen (Gymnasial-Oberlehrerexamen) beendet, Ende Mai 1889 meine geographische Staatsexamenarbeit nach Umarbeitung als Doktordissertation bei der philosophischen Fakultät der Universität zu Leipzig eingereicht. Auf Grund meines Oberlehrerzeugnisses wurde mir das mündliche Doktorexamen erlassen.

Meine Studienzeit wurde Michaelis 1885 durch einen einjährigen Militärdienst, Ostern 1887 und 1888 durch je eine achtwöchentliche Übung unterbrochen. Nach Beendigung meiner Studien Sommer 1889 begab ich mich behufs Ablegung des Offizierexamens nach Berlin und trat Michaelis 1889 als Portepeefähnrich im dritten Infanterie-Regiment Nr. 102 ein, um mich ganz dem Militärstand zuzuwenden. Im November wurde ich mit Patent vom 18. Oktober zum Sekondelieutenant befördert, am 1. Juli 1890 zum Adjutant des dritten Bataillons ernannt.

Vita.

An dieser Stelle drängt es mich für die mir besonders von Seiten der Herren Professoren Dr. Lie und Wiedemann zuteil gewordene Unterstützung und Anregung in meinen Studien meinen wärmsten Dank auszusprechen. Vor allem möchte ich aber Herrn Professor Dr. Ratzel für seine rege Unterstützung und stete Anregung während meines kurzen geographischen Studiums danken.

Zittau, am 1. Januar 1891.

Georg Hartmann.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

